

**KONINKLIJK BELGISCH INSTITUUT  
VOOR NATUURWETENSCHAPPEN**

**INSTITUT ROYAL DES SCIENCES  
NATURELLES DE BELGIQUE**

**ROYAL BELGIAN INSTITUTE OF NATURAL SCIENCES**

GEOLOGICAL SURVEY OF BELGIUM

PROFESSIONAL PAPER 2011/3

N. 310

**QUASI-3D MODEL VAN DE FORMATIE VAN MALDEGEM, DE  
GROEP VAN TONGEREN EN DE GROEP VAN RUPEL**

**Kris WELKENHUYSEN, Pascal VANCAMPENHOUT & Marleen DE CEUKELAIRE**

Belgische Geologische Dienst, Jennerstraat 13 B-1000 BRUSSEL

kris.welkenhuysen@natuurwetenschappen.be  
pascal.vancampenhout@natuurwetenschappen.be  
marleen.deceukelaire@natuurwetenschappen.be

(46 bladzijden, 44 figuren, 1 tabel, 3 bijlagen)

# INHOUDSTAFEL

QUASI-3D MODEL VAN DE FORMATIE VAN MALDEGEM, DE GROEP VAN TONGEREN EN DE GROEP VAN RUPEL .....	3
SAMENVATTING .....	3
RESUME.....	3
ABSTRACT .....	3
1 Inleiding .....	4
2 Doelstelling .....	5
3 Methode.....	6
3.1 Gegevens.....	6
3.1.1 Boringen van het isohypsenproject i.o.v. ALBON .....	6
3.1.2 Selectie van gekernde en droge boringen .....	6
3.1.3 Boringen met geofysische boorgatmetingen (archief BGD) .....	7
3.1.4 Uitbreiding VMM-Water meetnet 1 .....	7
3.1.5 Voorbereiden van de gegevens .....	8
3.2 Karakterisatie van lithostratigrafische pakketten .....	9
3.3 Verwerking van de gegevens .....	10
3.3.1 Grids .....	10
3.3.2 Isohypsen .....	11
3.3.3 Breukgebied.....	11
3.3.4 Bijkomende boringen.....	12
3.3.5 Opmerkingen .....	16
3.3.6 Kwaliteitscontrole.....	18
4 Resultaten .....	21
4.1 Afgewerkte kaarten – algemeen (figuren 26-40) .....	21
4.2 Top van de Formatie van Boom (figuur 26) .....	21
4.3 Overgang Formatie van Boom – Lid van Belsele-Waas naar Formatie van Bilzen – Lid van Berg (figuur 29).....	21
4.4 Overgang Formatie van Zelzate – Lid van Bassevelde naar Formatie van Sint-Huibrechts-Hern – Lid van Grimmertingen (figuur 33).....	21
4.5 Profielen.....	39
4.5.1 Profiel 1 .....	39
4.5.2 Profiel 2 .....	39
<i>Dankwoord</i> .....	39
Referenties.....	42
Bijlage 1: Dataset van gekernde en droge boringen.....	43
Bijlage 2: Dataset van boringen met geofysische boorgatmetingen.....	44
Bijlage 3: Dataset uitbreiding VMM-Water meetnet-1 .....	45

## **QUASI-3D MODEL VAN DE FORMATIE VAN MALDEGEM, DE GROEP VAN TONGEREN EN DE GROEP VAN RUPEL**

Kris WELKENHUYSEN, Pascal VANCAMPENHOUT & Marleen DE CEUKELAIRE

### **SAMENVATTING**

Het bestaande 3D model van het Tertiair in Vlaanderen (VANCAMPENHOUT, 2004) werd verfijnd tot op lidniveau voor de Formatie van Maldegem, de Groep van Tongeren en de Groep van Rupel (behalve de leden van Kerniel en Kleine Spouwen). Er is enkel hoogkwalitatieve data gebruikt zoals boorgatmetingen en data van gekernde en gestoken boringen. Het resultaat van deze studie zijn 15 digitale grids en isohypsenkaarten. Bovendien zijn er twee profielen gemaakt door het model om de structuren te verduidelijken. Een kwaliteitscontrole aan de hand van het model van VANCAMPENHOUT (2004) geeft aan dat het gebruik van een gereduceerd aantal punten met hoogkwalitatieve data een betrouwbaar 3D model kan leveren op lidniveau. Dit quasi 3D-model werd voorgesteld op de derde internationale conferentie Geologica Belgica “Challenges for the Planet: Earth Science’s Perspective”, Gent, 14-15/09/2009 als “Quasi-3D, Onder-Rupeliaan-Tongeriaan Model”.

Sluutelwoorden: 3D model, Vlaanderen, stratigrafie, Tertiair, Oligoceen, correlatie van boringen

### **RESUME**

Des données de haute qualité, comme des diagraphies et des carottages, nous ont permis d’affiner le modèle 3D pré-existant du Tertiaire en Flandre (VANCAMPENHOUT, 2004) jusqu’au niveau du membre. Une subdivision stratigraphique davantage détaillée à l’échelle de membre a ainsi pu être établie pour la Formation de Maldegem, le Groupe de Tongres et le Groupe de Rupel (à l’exception des membres de Kerniel et de Kleine Spouwen). Les résultats de cette étude sont présentés sous forme de 15 grilles numériques et de cartes isohypses. Deux profils du modèle ont, en outre, été réalisés pour clarifier les structures. Un contrôle de qualité à l’aide du modèle de VANCAMPENHOUT (2004) indique que l’utilisation d’un nombre réduit de données de haute qualité peut fournir un modèle fiable à l’échelle des membres.

Mots-clés: modèle 3D, Flandre, stratigraphie, Tertiaire, Oligocène, corrélation de sondages

### **ABSTRACT**

The existing 3D model of the Tertiary in Flanders (VANCAMPENHOUT, 2004) was refined to the member level for the Maldegem Formation, the Tongeren Group and the Rupel Group (excluding the members of Kerniel and Kleine Spouwen). Only high quality data such as borehole logs and data from cored drillings have been used. The results of this study are 15 digital grids and isohyps maps. Moreover, two profiles through the model clarify the structures. A quality control using the model of VANCAMPENHOUT (2004) indicates that the use of a reduced number of high quality data can provide a reliable model at member level.

Keywords: 3D model, Flanders, stratigraphy, Tertiary, Oligocene, borehole correlation

<sup>1</sup>Voorgesteld op de derde internationale conferentie Geologica Belgica “Challenges for the Planet: Earth Science’s Perspective”, Gent, 14-15/09/2009 als “Quasi-3D, Onder-Rupeliaan-Tongeriaan Model”.

## 1 Inleiding

In opdracht van SCK-CEN zijn nieuwe grids en isohypsenkaarten van de basis van de formaties en hun leden van het Laat-Eoceen tot het Vroeg-Oligoceen getekend. Deze kaarten zijn gebaseerd op hoogkwalitatieve gegevens van gekernde of droge boringen en boringen met boorgatmetingen. De interpretaties van de boringen zijn geëvalueerd en indien nodig geherinterpreteerd. Dit project is een aanvulling op het huidige grondwatermodel van SCK-CEN. Dit model werd opgebouwd in het kader van het onderzoeksprogramma van ONDRAF-NIRAS over geologische berging van nucleair afval.

Het doel van deze studie is het model van de Tertiaire lagen in Vlaanderen van VANCAMPENHOUT (2004) te verfijnen. De methode in deze studie zal echter aangepast worden. In plaats van enkel isohypsen als resultaat van grids te gebruiken zullen grids berekend worden die de bouwstenen vormen van het quasi-3D model. Hieruit worden nadien isohypsen afgeleid. Deze aangepaste methode is intensiever maar geeft een meer betrouwbaar en bruikbaar resultaat, geschikt voor verdere studies. Er is ook een controle gebeurd die een beeld geeft van de kwaliteit van de gebruikte boringen (zie 5.7 Kwaliteitscontrole).

Tijdens het verwerken van de gegevens is gebleken dat er voor de Leden van Kerniel en Kleine Spouwen van de Formatie van Bilzen te weinig kwalitatieve gegevens zijn om een goede en betrouwbare kaart te maken. Deze werden dan ook niet getekend. Het uiteindelijke resultaat van deze studie zijn 15 digitale grids en isohypsenkaarten.

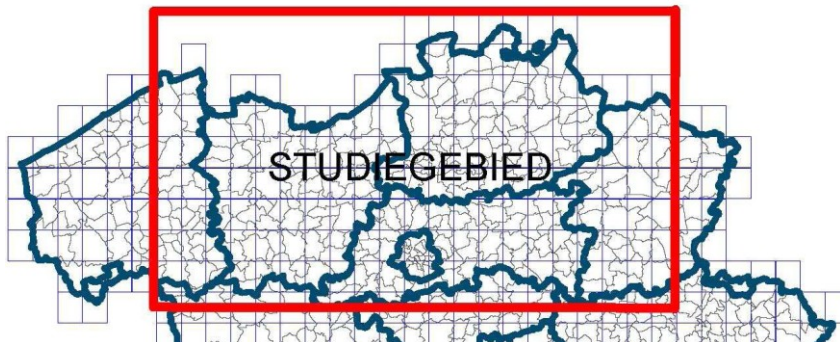


## 2 Doelstelling

Het doel van deze studie is om het bestaande model van de ondergrond (VANCAMPENHOUT, 2004) waar mogelijk te verfijnen tot op lidniveau. Dit gebeurt op basis van de nieuwe VMM-Water meetnet-1 boringen en andere boringen van hoge kwaliteit in het BGD (Belgische Geologische Dienst) archief en van SCK-CEN. Het beoogde interval bevat de Formaties van Boom tot en met Maldegem (zonder het Lid van Wemmel). Deze studie wordt uitgevoerd in opdracht van SCK-CEN. De onderverdeling die gemaakt zal worden is (ALBON, 2009):

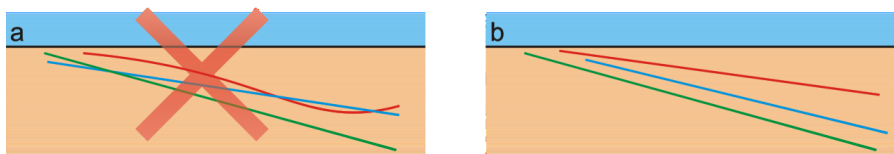
Formatie van Boom	Lid van Putte Lid van Terhagen Lid van Belsele-Waas
Formatie van Bilzen	Lid van Kerniel Lid van Kleine Spouwen Lid van Berg
Formatie van Borgloon	
Formatie van Zelzate	Lid van Ruisbroek Lid van Watervliet Lid van Bassevelde
Formatie van St.-Huibrechts-Hern	Lid van Neerrepen Lid van Grimmertingen
Formatie van Maldegem	Lid van Onderdijke Lid van Buisputten Lid van Zomergem Lid van Onderdale Lid van Ursel Lid van Asse

Het studiegebied wordt begrensd door de linkerbovenhoek met lambertcoördinaten X 65023 en Y 249790 en rechteronderhoek met lambertcoördinaten X 233880 en Y 153680 (figuur 1).



Figuur 1 – Afbakening van het studiegebied.

Het is niet de bedoeling van deze studie om een volledig 3D model te maken. De verschillende vlakken zullen elkaar dus niet snijden (figuur 2a), maar aan de randen van de voorkomengebieden en in het dagzoomgebied zullen de lagen niet exact op elkaar aansluiten (figuur 2b), wat in een volledig 3D model wel het geval moet zijn.



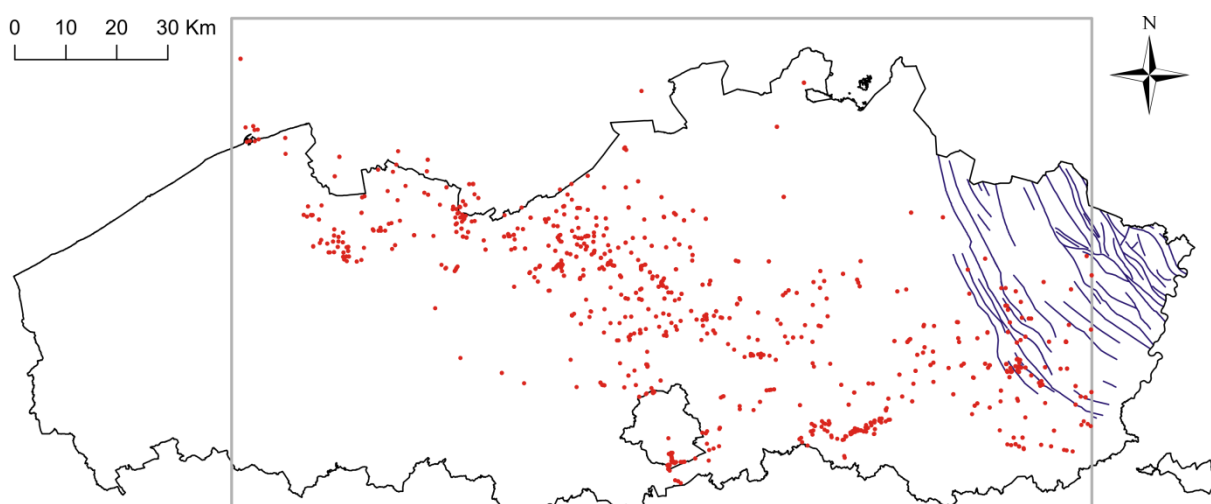
Figuur 2 – Verduidelijking van het quasi-3D concept.

## 3 Methode

### 3.1 Gegevens

#### 3.1.1 Boringen van het isohypsenproject i.o.v. ALBON

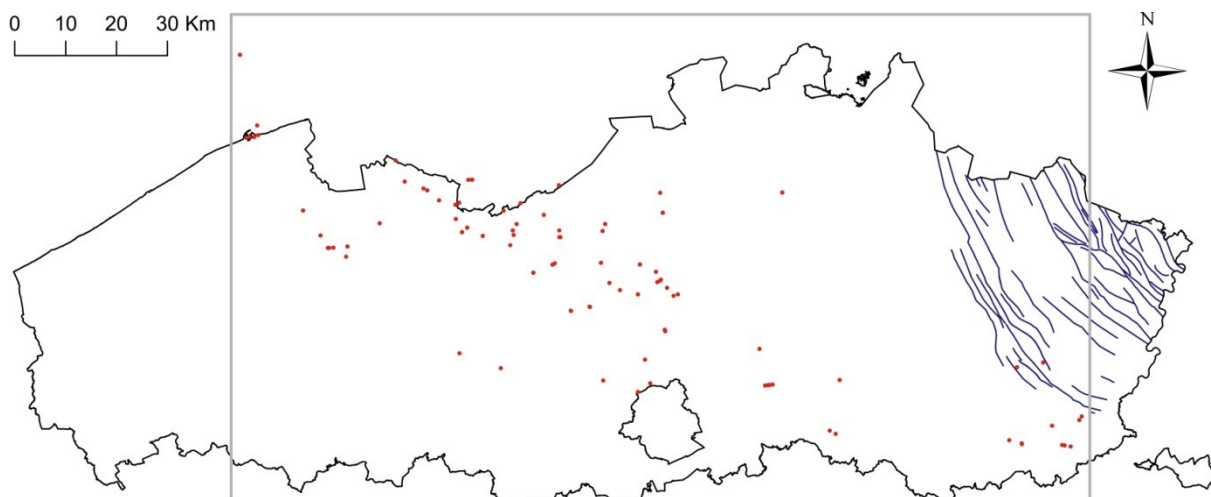
Een eerste set gegevens (9489) die geëvalueerd is, zijn boorbeschrijvingen en interpretaties uit de dataset gebruikt in het isohypsenproject in opdracht van ALBON (VANCAMPENHOUT, 2004). Hierin is een selectie gemaakt van boringen die het beoogde interval bereiken of doorsnijden. Deze boringen (602) zijn verder geselecteerd op de benodigde resolutie voor interpretatie tot op lidniveau (figuur 3). Deze dataset is later geëvalueerd en vergeleken met de andere sets (zie 3.1.3 en 3.1.4). Hieruit bleek dat deze dataset van matige kwaliteit is door o.a. de gebruikte boormethode. De boringen werden meestal niet uitgevoerd met het oog op het verzamelen van stratigrafische informatie. Daarom werd er een fijnere selectie in deze dataset gemaakt (zie 3.1.2).



Figuur 3 – Locatie van de set gegevens uit Vancampenhout (2004).

#### 3.1.2 Selectie van gekernde en droge boringen

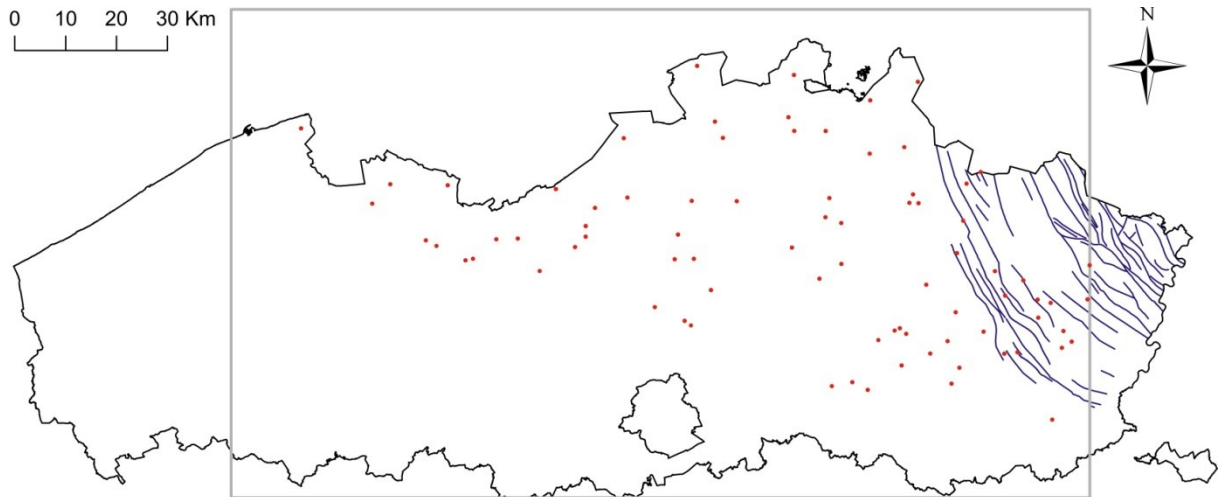
Uit het archief van de Belgische Geologische Dienst zijn de gekernde en droge boringen geselecteerd. Deze boringen zijn doorgaans van hogere kwaliteit dan de spoelboringen waarvan betrouwbare interpretaties afgeleid kunnen worden. De boringen in deze dataset (84) komen vooral voor in de buurt van de dagzoomgebieden van de formaties (figuur 4, gegevens in bijlage 1).



Figuur 4 – Locatie van de selectie gegevens 'kernde en droge boringen'.

### 3.1.3 Boringen met geofysische boorgatmetingen (archief BGD)

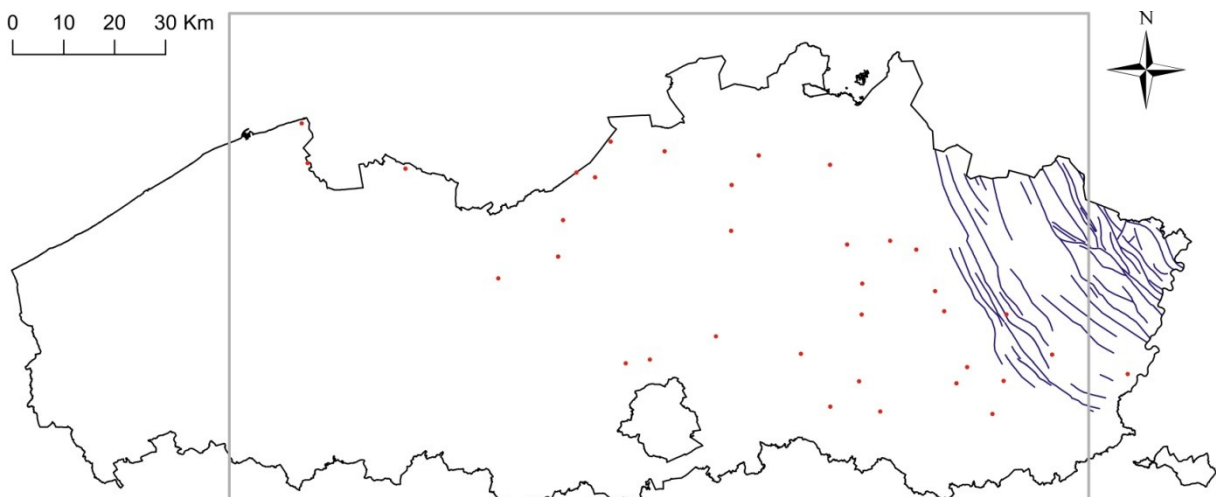
Een derde set gegevens bestaat uit de boringen met geofysische boorgatmetingen uit het archief van de BGD. Boringen met boorgatmetingen zijn in vergelijking met boringen met enkel spoelmonsters gemakkelijker op lidniveau te interpreteren. Hierin is eveneens een selectie gemaakt van boringen die het beoogde interval bereiken of doorsnijden (79 boringen). Deze boorgatmetingen zijn grotendeels opnieuw geïnterpreteerd. De boringen uit deze dataset hebben een relatief uniforme spreiding over het studiegebied (figuur 5, gegevens in bijlage 2).



Figuur 5 – Locatie van de set gegevens 'boringen met geofysische boorgatmetingen'.

### 3.1.4 Uitbreiding VMM-Water meetnet 1

Deze dataset bestaat uit 76 boringen met boorgatmetingen van de boorcampagne 2005-2006 van VMM-Water voor de uitbreiding van het grondwatermeetnet-1. Hierin is eveneens een selectie gemaakt van boringen (34) die het beoogde interval bereiken of doorsnijden (figuur 6, gegevens in bijlage 3). Deze boringen zijn recent geïnterpreteerd en gecorreleerd door de BGD (WELKENHUYSEN & DE CEUKELAIRE, 2009). De interpretaties werden overgenomen en aan de dataset toegevoegd.



Figuur 6 – Locatie van de set gegevens 'uitbreiding VMM-Water meetnet 1'.

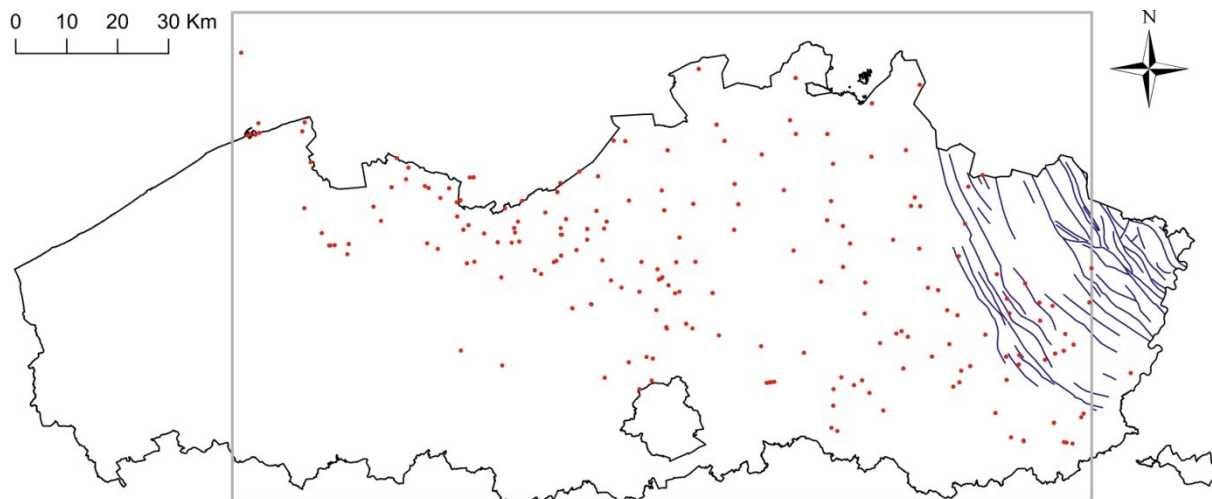
### 3.1.5 Voorbereiden van de gegevens

In de uiteindelijke dataset bevinden zich verschillende SCK-CEN boringen. Deze worden in de tabellen aangeduid met een “x” in een extra kolom SCK.

Van elke boring die deel uitmaakt van de uiteindelijke dataset zijn per lid de XYZ-coördinaten, top en basis van het lid, het peil van de basis van het lid, het BGD-nummer, of het lid al dan niet dagzoomt, of de boring een SCK-CEN boring is, en eventuele opmerkingen aan de database toegevoegd (tabel 1). Indien bepaalde leden of formaties wel voorkomen maar de grenzen ervan niet duidelijk zijn, werd het pakket waarbinnen de grenzen onduidelijk zijn samengevoegd en bij de onderste duidelijke grens in de database ingevoegd. Dit wordt telkens vermeld in de opmerkingen in de database. De verschillende datasets zijn samengevoegd zodat alle data van elk lid in één tabel staat. De gebruikte boringen in de uiteindelijke dataset (zie 3.1.2, 3.1.3 en 3.1.4) hebben een relatief gelijkmatige spreiding over het studiegebied (figuur 7; in het zuidwesten van het studiegebied komen de beoogde leden en formaties niet voor). Enkel in het noordoosten van het studiegebied, in het noorden van het breukgebied, zijn er weinig geselecteerde boringen voorhanden.

Tabel 1 – Voorbeeld uit de dataset van het Lid van Terhagen van de Formatie van Boom.

BGDNR	X	Y	Z	TOP	BASIS	PEIL	OPM	dagzoom	SCK
042W0001	134466.00	207030.00	15.00	4.60	13.40	1.6			
042W0109	134227.00	205648.00	19.00	3.00	11.50	7.5		x	
042W0193	134534.00	204498.00	23.00	6.00	9.00	14		x	
042W0226	136159.00	204091.00	26.00	8.00	20.00	6			
042W0107	135050.00	207137.00	16.00	6.00	21.00	-5		x	
042W0098	134911.00	207106.00	16.00	5.10	15.90	0.1		x	
042W0361	134774.00	207159.00	16.00	6.00	14.00	2			
027W0124	136650.00	209200.00	13.00	9.00	30.00	-17	Putte & Terhagen samen		
027E0211	138460.00	210580.00	6.00	4.00	40.00	-34	Putte & Terhagen samen		
042W0125	136163.00	207115.00	17.00	8.25	12.75	4.25			
042W0136	136036.00	205997.00	16.00	1.00	7.00	9		x	

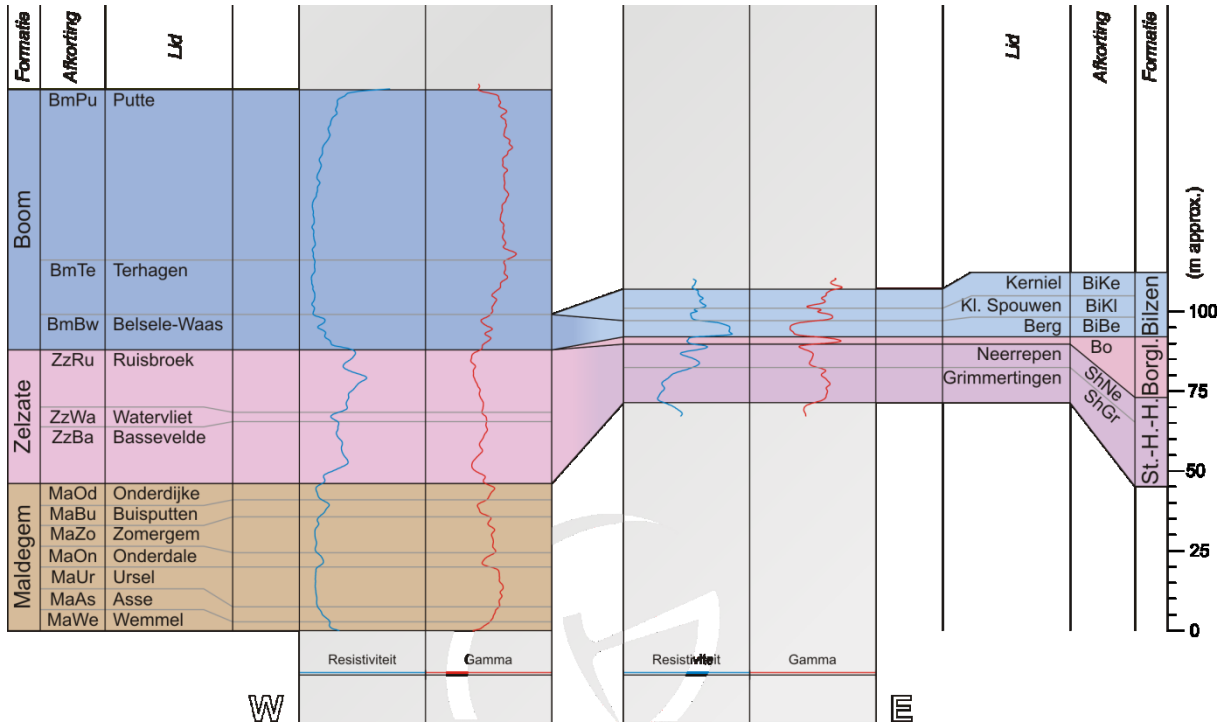


Figuur 7 – Locaties van alle gebruikte boringen.

### 3.2 Karakterisatie van lithostratigrafische pakketten

Voor de beschrijving van de verschillende lithostratigrafische pakketten en de interpretatie hiervan kan verwezen worden naar WELKENHUYSEN & DE CEUKELAIRE (2009). Hierin worden zowel lithologisch als geofysisch de nieuwe VMM-Water boringen geïnterpreteerd en gecorreleerd (figuur 8).

Voor de lithostratigrafische definitie kan verwezen worden naar MARECHAL & LAGA (1988) en LAGA et al. (2001).



Figuur 8 – De typeboorgatmeting van de formaties van Maldegem, Zelzate, Sint-Huibrechts-Hern, Borgloon, Bilzen en Boom werd gebruikt voor de interpretaties van de boringen met boorgatmetingen in de datasets (naar WELKENHUYSEN & DE CEUKELAIRE, 2009).

### 3.3 Verwerking van de gegevens

#### 3.3.1 Grids

Elk grid en isohypsenkaart is op dezelfde wijze gemaakt. Voor deze werkwijze wordt de basis van het Lid van Terhagen van de Formatie van Boom als voorbeeld genomen.

Vermits de formaties en leden een beperkte ruimtelijke verbreiding hebben, zijn eerst de verschillende voorkomengebieden van elke formatie en elk lid gemaakt. Deze van de formaties werden overgenomen uit VANCAMPENHOUT (2004). De voorkomengebieden per lid zijn echter niet beschikbaar. Voor het oudste lid van elke formatie kan over het algemeen het voorkomengebied van de gehele formatie gebruikt worden. Voor de overige leden werd de zuidelijke grens van het dagzoomgebied uit de digitale versie van de Tertiaire geologische kaart (2001) overgenomen en waar nodig verbonden of verder getekend. Gebieden waar in de dataset een lid niet voorkomt, werden in het voorkomingsgebied niet opgenomen.

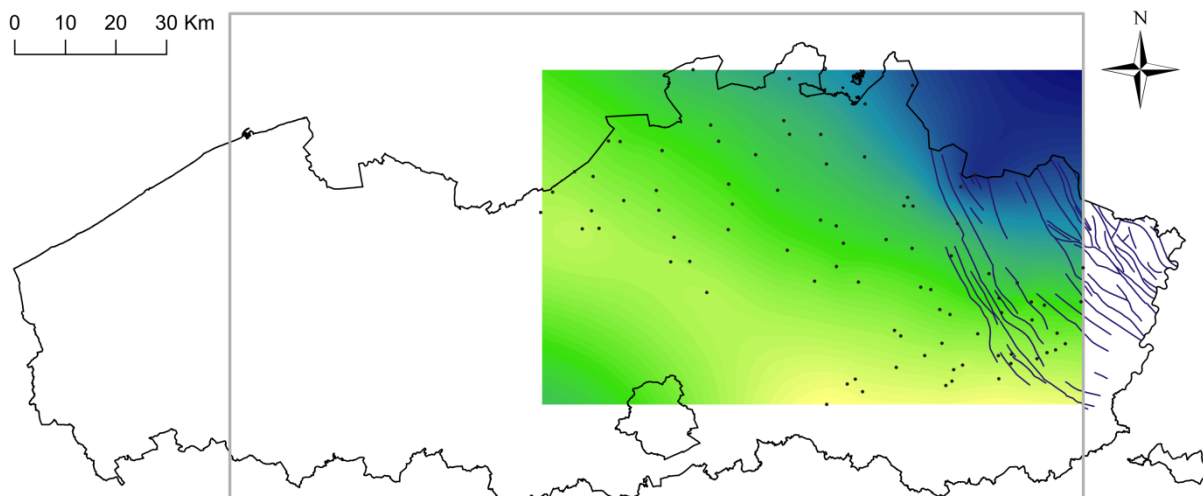
Aan de zuidelijke grens van de voorkomengebieden komen regelmatig getuigeheuvels voor. Voor deze gebieden zijn meestal geen berekeningen gemaakt omdat hiervoor te weinig data voorhanden is om zinvol in een rekenmodel te gebruiken.

Soms komen in de dataset punten voor waarin leden zijn samengenomen omdat ze niet apart herkenbaar zijn. De basis van dit pakket wordt telkens in de dataset van het oudste (onderste) lid ingevoegd. Op deze manier staan boringen met een niet gespecificeerde basisdiepte niet in de dataset van die laag.

De datasets zijn per lid in ArcGis geladen. Hier zijn telkens rasters berekend met een celgrootte van 100m x 100m, met de rekenmethode 'topo-to-raster'. Deze methode houdt in dat er een 3D vlak wordt berekend door elk datapunt (in tegenstelling tot 'kriging', zie 3.3.3 Breukgebied). Het raster wordt zo berekend dat deze de vorm van een topografische kaart krijgt. Deze methode is het meest geschikt voor een relatief klein aantal punten met hoogkwalitatieve data. De oorsprong en de celgrootte van de berekende grids zijn gelijk aan deze van het Vlaams grondwatermodel van de VMM (MEYUS ET AL., 2004). Dit wil zeggen dat de rasterpunten van beide modellen elkaar exact overlappen.

Omdat vooral gegevens van diepere boringen met boorgatmetingen gebruikt worden, zullen de boringen van een bepaalde dataset van één laag weinig verschillen van deze van de bovenliggende of onderliggende laag. Dit komt de consistentie van het model ten goede.

De grootte van het berekende grid wordt bepaald door de uiterste punten links, rechts, boven en onder (figuur 9). Het grid wordt later afgeknipt op het voorkomengebied en op de grens van Vlaanderen.

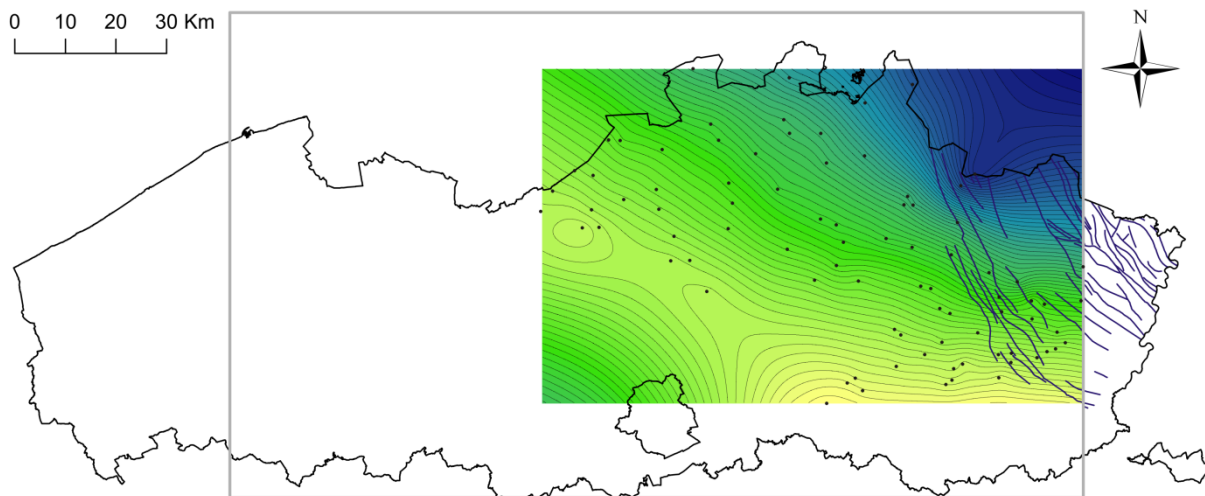


Figuur 9 – Berekend grid voor het Lid van Terhagen.



### 3.3.2 Isohypsens

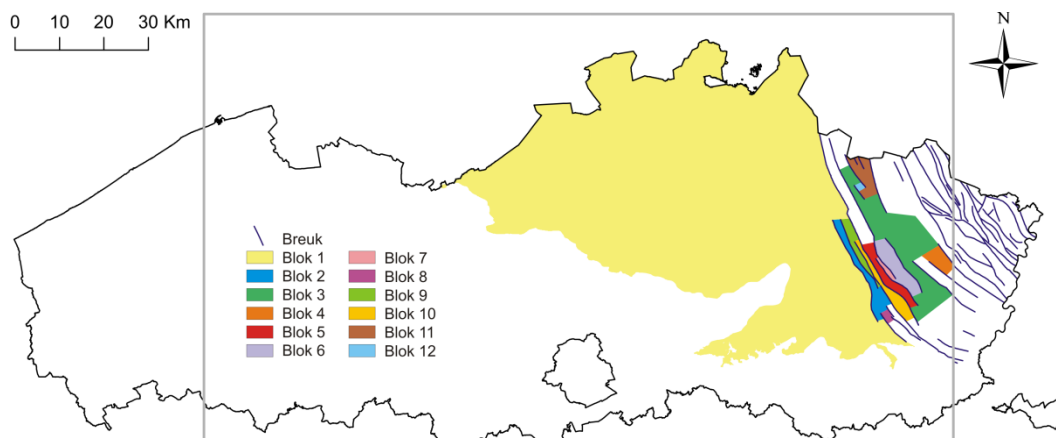
Van de berekende grids kunnen in ArcGis eenvoudig isohypsenskaarten afgeleid worden. Voor deze studie bleek een interval van 10 m tussen de isohypsens de meest optimale oplossing (figuur 10).



Figuur 10 – Isohypsenskaart van het Lid van Terhagen, afgeleid van het grid.

### 3.3.3 Breukgebied

Het grondgebied van Vlaanderen wordt in verschillende geologische structurele eenheden of blokken verdeeld. De breuken tussen deze eenheden zijn overgenomen uit VANCAMPENHOUT (2004). In werkelijkheid hellen de breukvlakken, terwijl voor de berekeningen is uitgegaan van volledig verticale breukvlakken. Op die manier is het namelijk veel eenvoudiger om de breuken in het model te verwerken. De helling van de breuken is ook niet danig groot binnen het interval van de te karteren lagen. Omdat de rekenmethode niet geschikt is voor breukgebieden, moeten de grids in elk blok apart berekend worden, waarna ze gecombineerd worden tot één grid. Door een gebrek aan kwalitatieve boringen in bepaalde breukpanelen konden niet alle blokken berekend worden. In totaal zijn er (maximaal, variërend per lid) 13 blokken waar voldoende data is om een grid te berekenen (figuur 11). De berekening van de grids en isohypsens in het breukgebied gebeurt met de 'kriging' methode in plaats van 'topo-to-raster'. Met de kriging methode komen de datapunten niet exact op het berekende vlak te liggen, maar wordt er een gemiddelde berekend. Doordat er weinig datapunten zijn zal het vlak met de kriging methode nauwelijks afwijken van de datapunten. Deze methode geeft een beter resultaat in de breukgebieden omdat de strekking van het vlak er beter wordt behouden. Met de topo-to-raster methode buigen de isohypsens snel af in kleine gebieden met weinig datapunten.

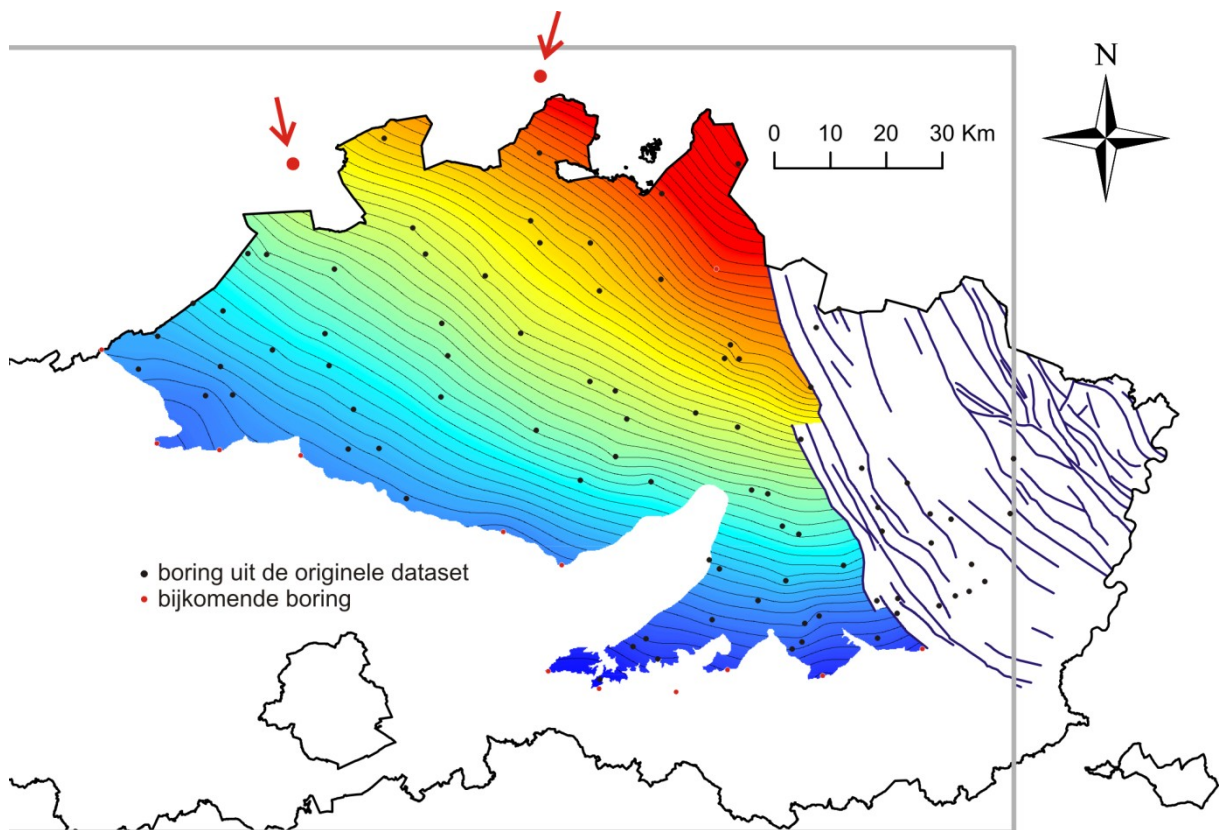


Figuur 11 – Het voorkomengebied van het Lid van Terhagen, opgedeeld in de verschillende gebruikte blokken (12 voor dit lid).

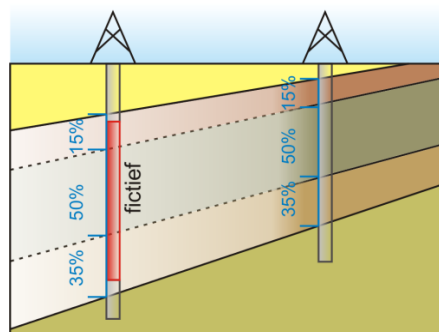
### 3.3.4 Bijkomende boringen

Met de gebruikte dataset en software is het niet mogelijk een volledig bevredigend resultaat te krijgen over het gehele voorkomengebied. Om tot het uiteindelijke resultaat te komen zijn er extra boringen aan de datasets toegevoegd. Dit zijn zowel bestaande als fictieve boringen, en ze worden om specifieke redenen gebruikt.

Zoals reeds aangehaald wordt de grootte van het berekende grid bepaald door de uiterste punten in vier richtingen. Daarom is het nodig om ten noorden van Vlaanderen enkele Nederlandse boringen te gebruiken, zodat het grid tot buiten Vlaanderen reikt en in het grensgebied van betere kwaliteit is (figuur 12). De twee aangeduide boringen in deze figuur (boring van Woensdrecht en Rijsbergen) zijn spoelboringen waarin enkel de formatiegrenzen herkenbaar zijn. Daarom werd de verhouding van de dikte van de leden per formatie geëxtrapoléerd van de nabijgelegen boringen in het Vlaams Gewest (figuur 13).



Figuur 12 – Berekening van blok 1 van de basis van het Lid van Terhagen. De bijkomende Nederlandse (spoel)boringen zijn met een rode pijl aangeduid. Met deze boringen wordt het grid naar het noorden uitgebreid zodat Vlaanderen daar volledig bedekt wordt.

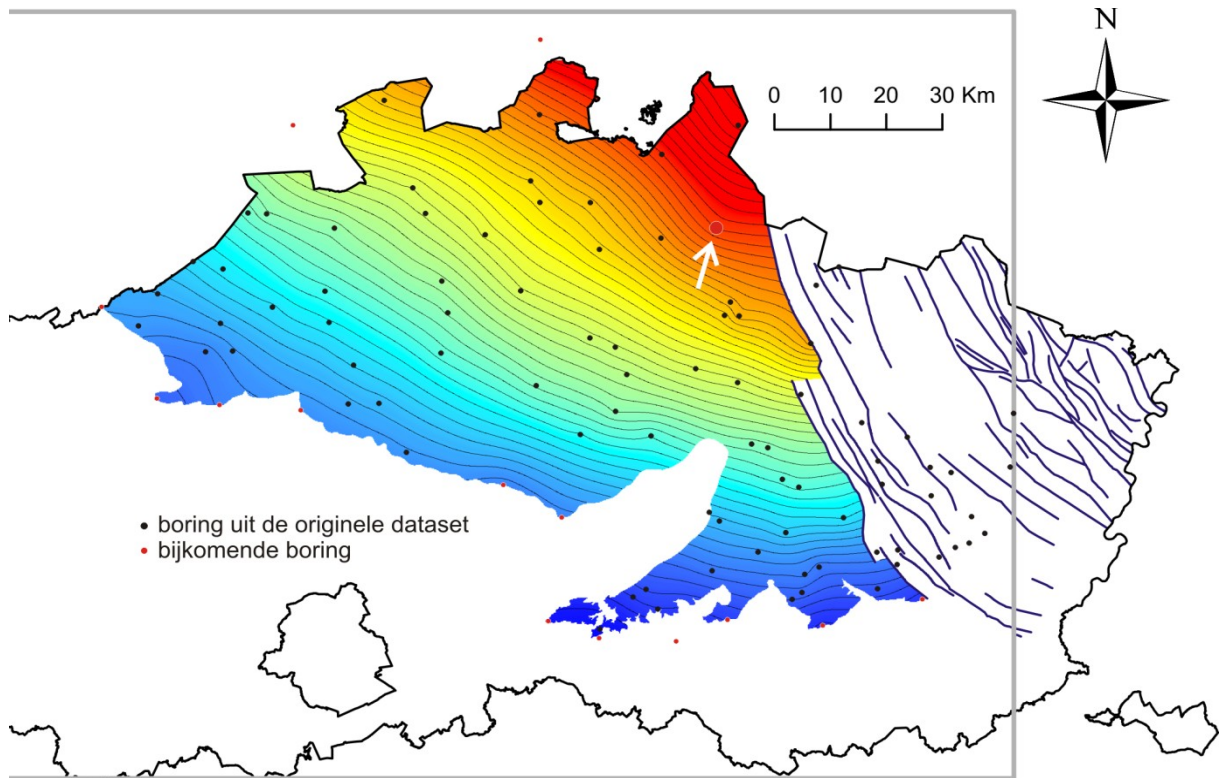


Figuur 13 – Fictieve interpretatie van een interval op basis van de verhouding van de diktes van de leden ten opzicht van de dikte van het gehele pakket in een nabijgelegen boring.

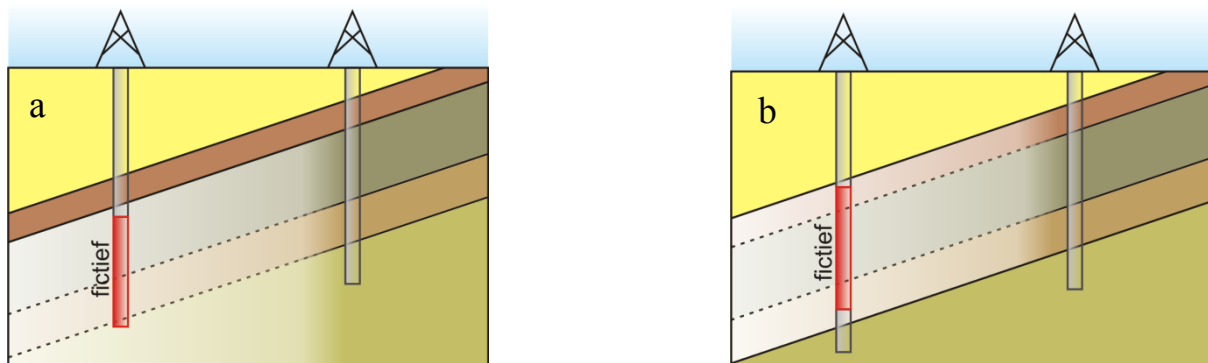


Het is ook mogelijk dat berekende vlakken elkaar snijden als ze niet elk met dezelfde set boringen zijn berekend (sommige boringen doorsnijden bepaalde lagen en andere, bijvoorbeeld ondiepere, niet). Om dit te verhelpen is het nodig om bestaande boringen, die een minder diepe laag doorsnijden, fictief te verlengen in de diepte, zodat deze de onderliggende lagen ook doorsnijden. De dikte van de lagen wordt geïnterpoleerd van de nabijgelegen boringen (figuur 14 & 15a).

Het is ook mogelijk dat een lid wel voorkomt in een boring, maar dat dit datapunt niet in de database van dit lid voorkomt omdat de grenzen ervan onduidelijk zijn. Dit heeft soms tot gevolg dat de omliggende lagen met deze laag snijden, omdat ze niet met dezelfde set boringen zijn berekend. In een dergelijk geval wordt het interval met de onduidelijke grenzen fictief geïnterpreteerd zodat de grids elkaar niet snijden (figuur 15b).



Figuur 14 – Berekening van blok 1 van de basis van het Lid van Terhagen. De fictief in de diepte verlengde boring is aangeduid met een witte pijl. Zonder deze fictieve verlenging zou de berekende basis van het Lid van Terhagen de berekende basis van het Lid van Putte hier doorsnijden.



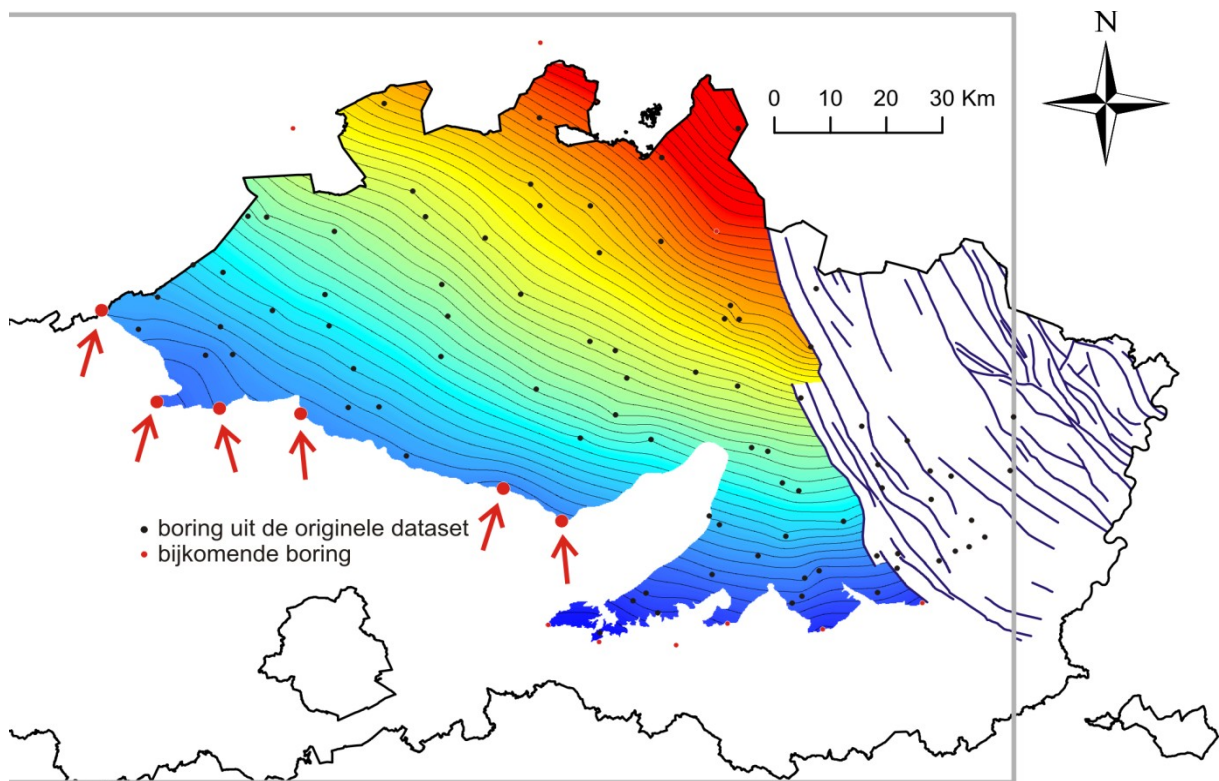
Figuur 15 – a: fictieve verlenging van een boring, om te voorkomen dat de berekende grids elkaar snijden. b: fictieve interpretatie van een interval van een boring om te voorkomen dat de berekende grids elkaar snijden.

Om ervoor te zorgen dat de berekeningen in de dagzoomgebieden betrouwbaar blijven, worden, zover mogelijk op de grens van het voorkomegebied, fictieve boringen geplaatst (figuur 16). In de dagzoomgebieden zijn relatief weinig boorgatmetingen, en het is nodig dat de uiterst zuidelijke grens van een lid of formatie in het dagzoomgebied zo dicht mogelijk bij de basis van het Quartair aansluit. Bij de berekening van de fictieve stratigrafie wordt zowel met de basis van het Quartair als met de stratigrafie van de nabijgelegen boringen rekening gehouden.

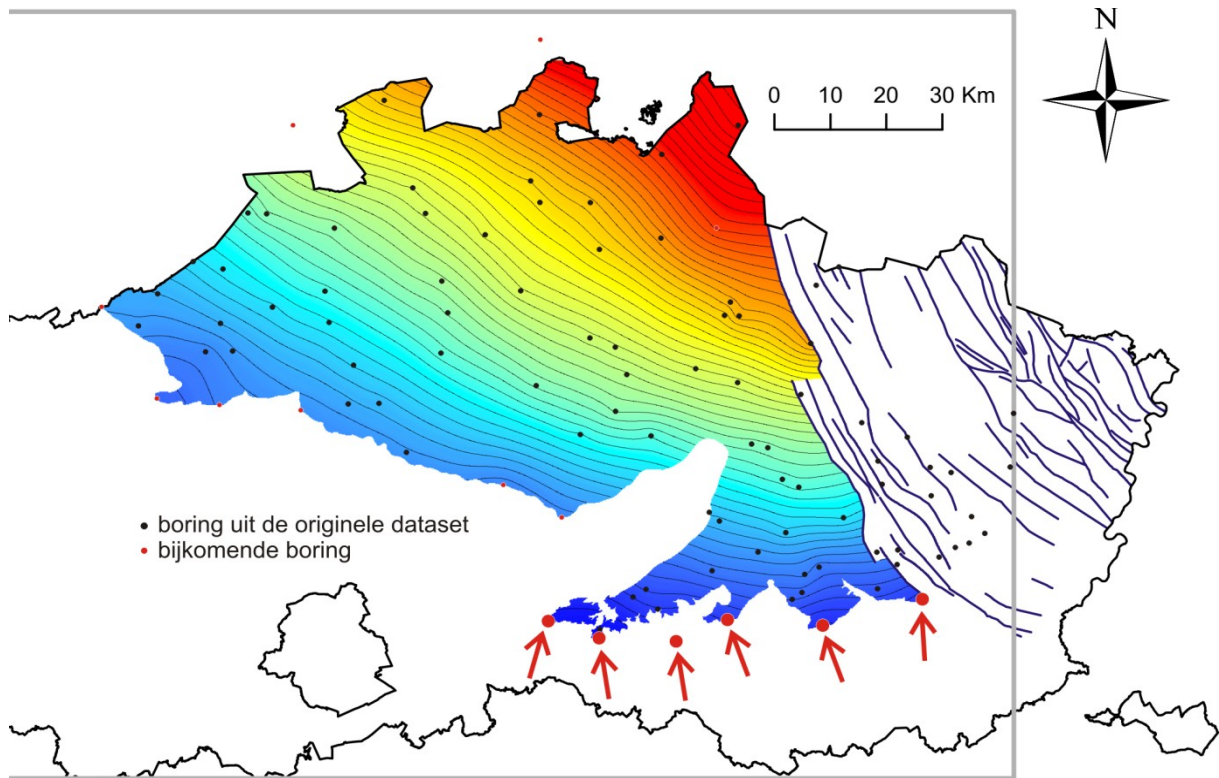
Het is ook mogelijk om hiervoor (ondiepe) handboringen te gebruiken als de grens duidelijk herkenbaar is (figuur 17).

Bij de berekening van een grid in een breukpaneel is het nodig dat het grid het volledige blok omvat, en dat de zones die niet door een breuk gescheiden zijn van het vorige blok aansluiten op dit vorige blok. Daarom worden er fictieve boringen toegevoegd met 'randvoorwaarden' voor een breukpaneel (figuur 18). De stratigrafie van deze boringen wordt bepaald door het grid van het aansluitende blok.

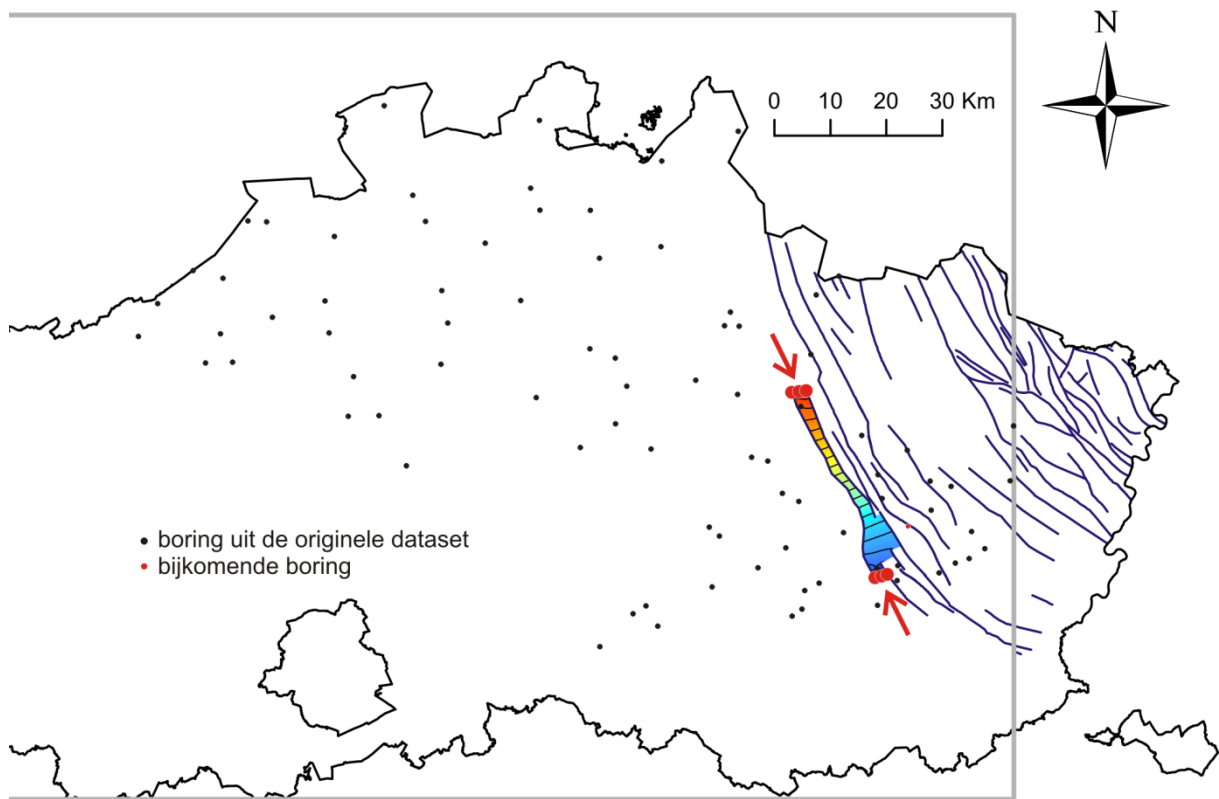
Soms zijn er op de rand van een grid weinig boringen voorhanden. Met de gebruikte rekenmethode 'krullen' de isohypsen dan naar de rand toe. Dit is vooral een probleem in de lange, smalle, breukpanelen waar weinig boringen zijn. Het is dan nodig om buiten het breukpaneel een fictieve boring te definiëren waarmee de strekking van de laag wordt bepaald (berekeningen rond één punt zorgen voor cirkelvormige isohypsen rond dit punt; berekeningen tussen twee punten zorgen voor rechte isohypsen tussen deze punten; figuur 19).



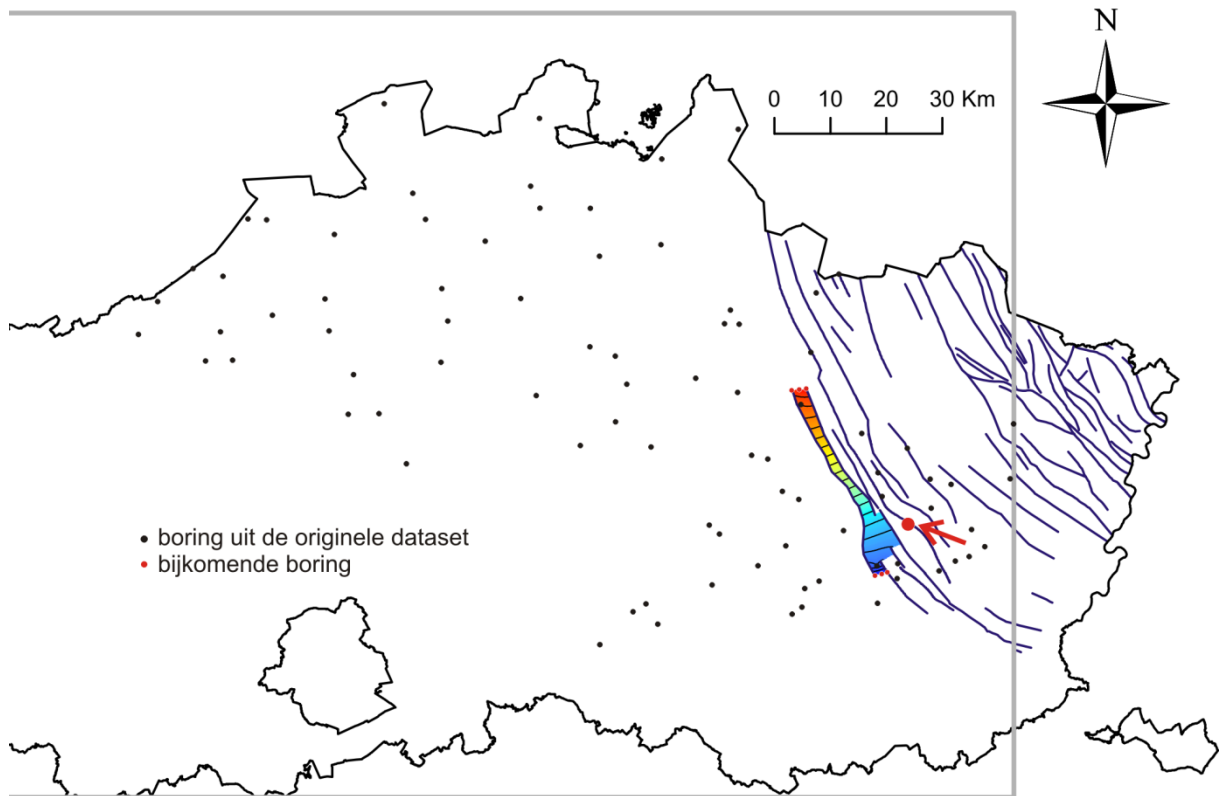
Figuur 16 – Berekening van blok 1 van de basis van het Lid van Terhagen. De fictieve boringen in het dagzoomgebied zijn aangeduid met een rode pijl. Deze boringen zorgen ervoor dat dit vlak er zo dicht mogelijk bij de basis van het Quartair aansluit.



*Figuur 17 – Berekening van blok 1 van de basis van het Lid van Terhagen. De handboringen in het dagzoomgebied zijn aangeduid met een rode pijl. Deze boringen zorgen ervoor dat dit vlak zo dicht mogelijk bij de basis van het Quartair aansluit.*



*Figuur 18 – Berekening van blok 2 van de basis van het Lid van Terhagen. De fictieve boringen voor de randvoorwaarden zijn aangeduid met een rode pijl. De stratigrafie van deze boringen is afgeleid van het grid van blok 1. Hierdoor zullen de lagen van blok 1 en 2 hier op elkaar aansluiten.*



Figuur 19 – Berekening van blok 2 van de basis van het Lid van Terhagen. De fictieve boring die mee de strekking bepaalt is aangeduid met een rode pijl. Zonder deze boring zouden de isohypsen rond het onderste punt in dit blok "krullen".

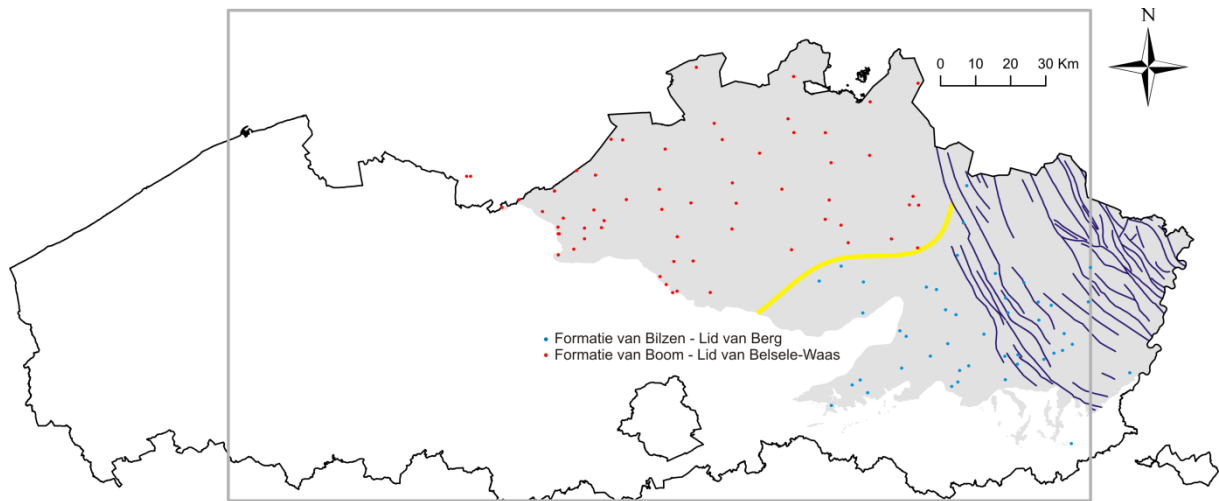
### 3.3.5 Opmerkingen

De gegevens van de basis van het Lid van Belsele-Waas (Formatie van Boom) en het Lid van Berg (Formatie van Bilzen) zijn samen verwerkt tot één grid, omdat de basis van deze leden ook sequentiestratigrafisch één horizont vormen. De grids en isohypsen van deze leden zijn telkens in twee opgedeeld: twee gebieden waar enkel het ene of het andere lid voorkomt (figuur 20).

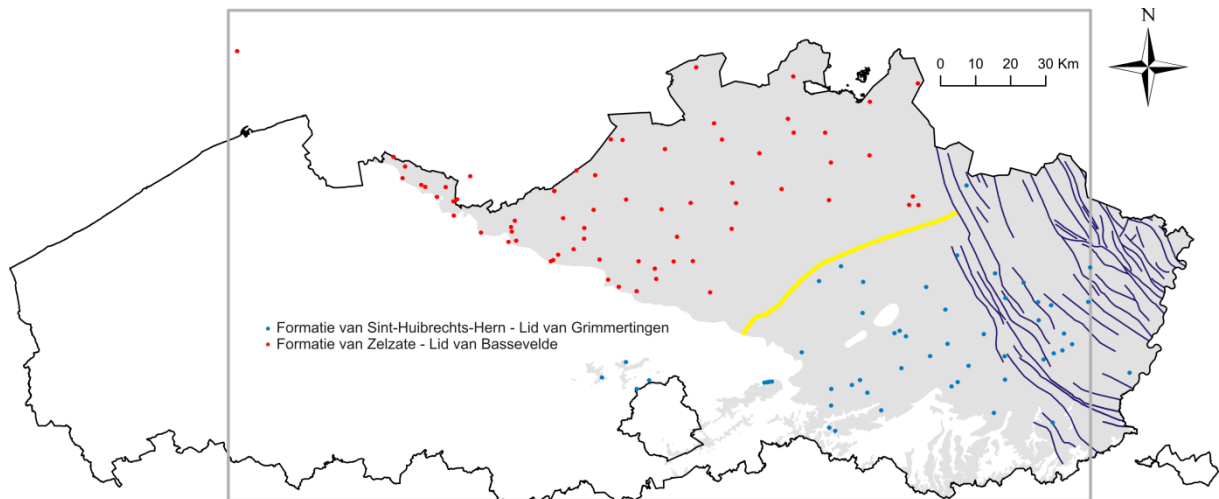
Op dezelfde manier en om dezelfde reden zijn de gegevens van het Lid van Bassevelde van de Formatie van Zelzate en het Lid van Grimmertingen van de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern samengenomen (figuur 21); echter, in SAEYS et al. (2009) is het Lid van Bassevelde in drie onderverdeeld. Dit geeft een duidelijker beeld van de overgang van de Formatie van Zelzate naar de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern. De basis van het Lid van Grimmertingen komt sequentiestratigrafisch namelijk overeen met de basis van het bovenste deel (S3.3) van het Lid van Bassevelde. Voor deze studie werd de onderverdeling in sub-leden niet gemaakt en werd de basis van het Lid van Bassevelde toch verbonden met de basis van het Lid van Grimmertingen.

Tijdens het opmaken van de grids en isohypsen is gebleken dat voor de Leden van Kerniel en Kleine Spouwen (Formatie van Bilzen) te weinig gegevens in de database beschikbaar zijn om betrouwbare berekeningen mee te maken (figuur 22). Deze leden werden dan ook niet gekarteerd.

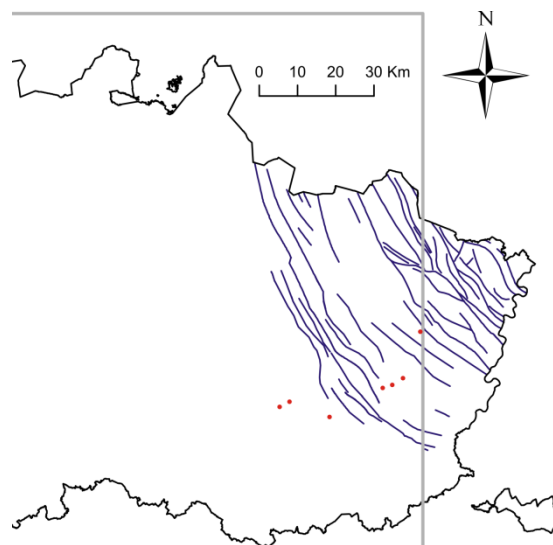




Figuur 20 – Gegevens voor het Lid van Berg van de Formatie van Bilzen (blauw, rechts) en het Lid van Belsele-Waas van de Formatie van Boom (rood, links). De grens tussen de twee leden is in geel aangeduid.



Figuur 21 – Gegevens voor het Lid van Grimmeringen van de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern (blauw, rechts) en het Lid van Bassevelde van de Formatie van Zelzate (rood, links). De grens tussen de twee leden is in geel aangeduid.



Figuur 22 – Boringen van de dataset van het Lid van Kerniel van de Formatie van Bilzen. Er is te weinig kwalitatieve informatie om betrouwbare berekeningen mee te maken.

### 3.3.6 Kwaliteitscontrole

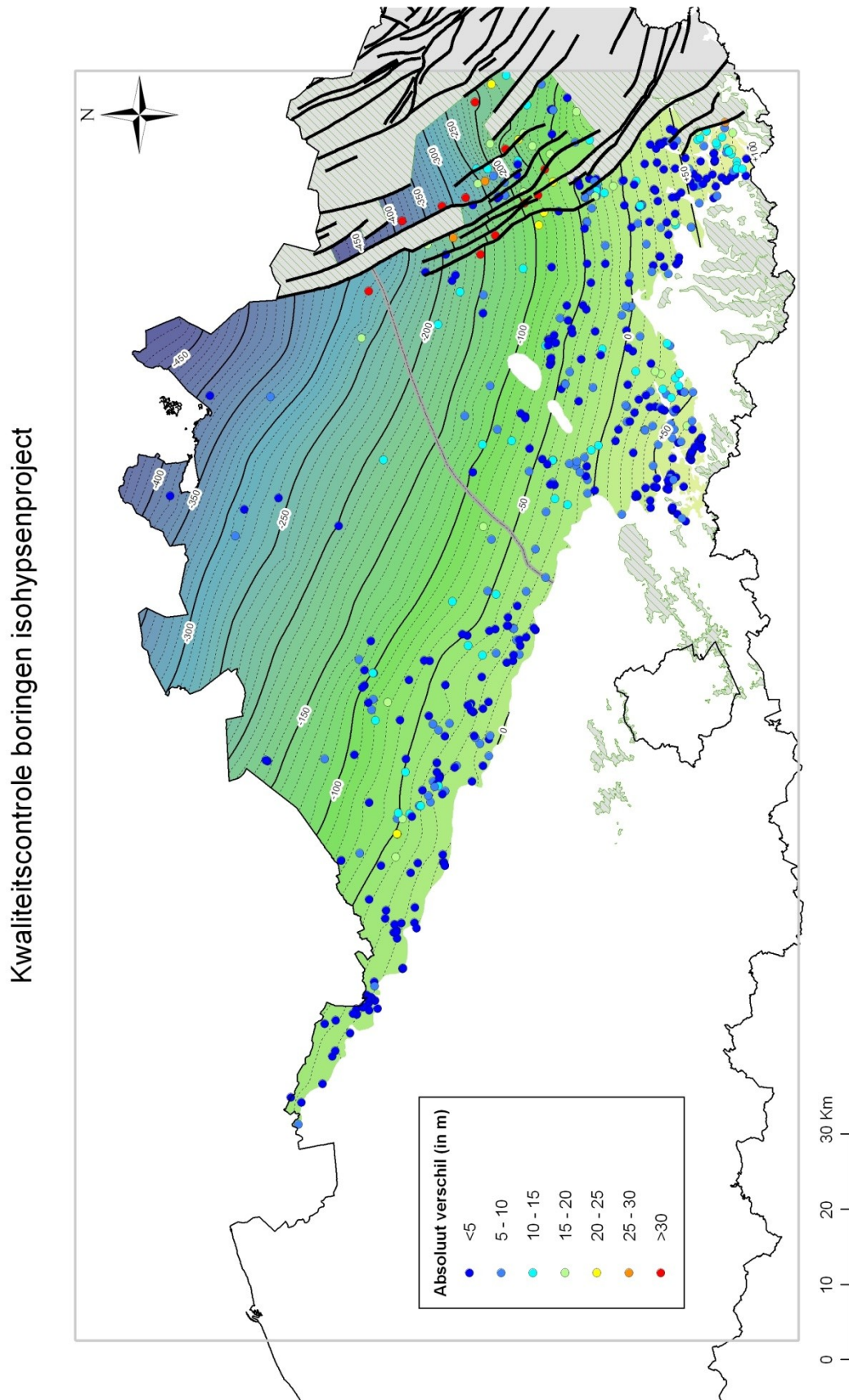
Als er in de getekende isohypsenkaarten toch nog significante afwijkingen voorkwamen, zijn de boringen die dit veroorzaakten gecontroleerd. In enkele gevallen bleek dat de maaiveldhoogte niet klopte, of dat de interpretatie niet juist was. Deze werd vervolgens aangepast en het grid en isohypsen opnieuw berekend.

Ter illustratie is er een kaart gemaakt waarop het berekende grid van het Lid van Bassevelde en het Lid van Grimmertingen worden vergeleken met de basis van de Formaties van Zelzate en Sint-Huibrechts-Hern uit de boringen van de dataset uit VANCAMPENHOUT (2004) (figuur 23). De afwijking ten opzichte van het berekende grid is uitgedrukt in de kleur van de punten, met rood een hoge afwijking (>30 m) en blauw een lage afwijking (tot 15 m). De meeste boringen liggen binnen een afwijking van 15m, de meeste hiervan zelfs binnen de 5m. Enkel in het breukgebied zijn er afwijkingen groter dan 30m. Dit is het gevolg van het kleine aantal datapunten in dit gebied voor deze studie.

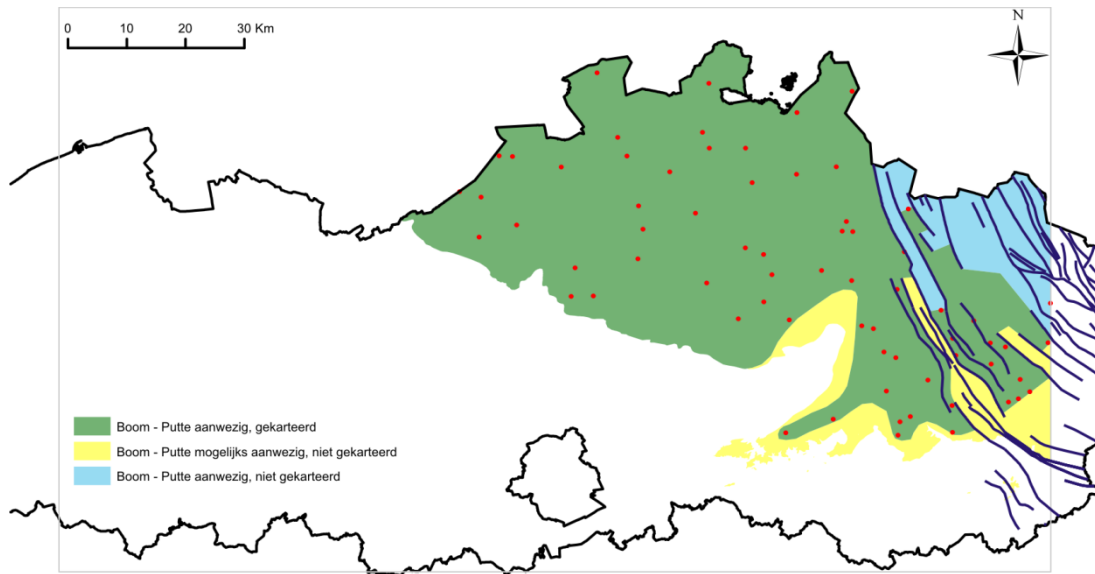
Elk berekende grid is geografisch in verschillende zones opgedeeld, naargelang een formatie of lid al dan niet voorkomt en naargelang de basis van deze laag werd berekend/gekarteerd of niet.

Figuur 24 geeft deze zones weer voor de basis van het Lid van Putte van de Formatie van Boom. In de groene zone is dit lid aanwezig én is er een grid berekend. In de blauwe zone is het lid aanwezig maar zijn er geen berekeningen gedaan omdat er geen of te weinig gegevens zijn. In de gele zone is het lid mogelijk aanwezig maar zijn er geen berekeningen gedaan (dit is het dagzoomgebied van de Formatie van Boom; op de Tertiairgeologische kaart is geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende leden, dus is het niet zeker dat het lid er overal voorkomt).

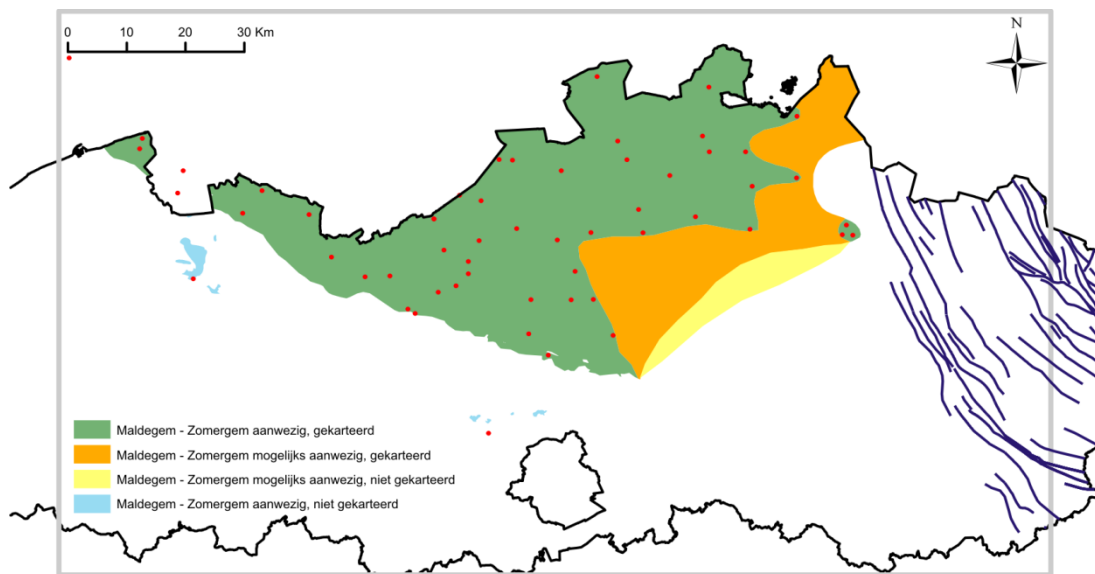
Figuur 25 geeft deze zones weer voor de basis van het Lid van Zomergem van de Formatie van Maldegem. Net zoals in de vorige figuur is in de groene zone dit lid aanwezig én zijn er berekeningen gemaakt. In de blauwe zone is het lid aanwezig, maar zijn er geen berekeningen gemaakt (dit zijn de 'eilandjes' in het voorkomengebied waar het onmogelijk is om een grid te berekenen omdat er geen gegevens zijn (zie 5.1 Grids)). In de oranje zone is het lid mogelijk aanwezig én zijn er berekeningen gemaakt. Dit is een zone waarin geen gegevens liggen, maar die tussen twee groene zones ligt waar het lid zeker voorkomt.



Figuur 23 – Kwaliteitscontrole van het Lid van Bassevelde (Formatie van Zelzate) en het Lid van Grimmetingen (Formatie van Sint-Huibrechts-Hern). De berekende grids zijn vergeleken met de dataset van de basis van de Formaties van Zelzate en Sint-Huibrechts-Hern uit VANCAMPENHOUT (2004). De afwijking is in kleur weergegeven (rood = >30 m afwijking, blauw = 0-15 m afwijking).



Figuur 24 – Indeling in zones van het voorkomengebied van het Lid van Putte (Formatie van Boom). In de groene zone is het lid aanwezig en is er een grid berekend. In de blauwe zone is het lid ook aanwezig maar zijn er geen berekeningen gemaakt door een gebrek aan gegevens. In de gele zone is het lid mogelijk aanwezig maar zijn er geen berekeningen gemaakt (dagzoomgebied van de Formatie van Boom).



Figuur 25 – Indeling in zones van het voorkomengebied van het Lid van Zomergem (Formatie van Maldegem). In de groene zone is het lid aanwezig en is er een grid berekend. In de blauwe zone is het lid aanwezig maar is er geen berekening gemaakt ('eilandjes' in het voorkomengebied met weinig gegevens). In de oranje zone is het lid mogelijk aanwezig en is er een grid berekend (zone zonder gegevens, tussen twee groene zones in).



## 4 Resultaten

### 4.1 Afgewerkte kaarten – algemeen (figuren 26-40)

Bij het berekenen van de vlakken werd in elke stap geprobeerd om de vlakken zo goed mogelijk door de puntgegevens te laten lopen, omdat er enkel hoogkwalitatieve gegevens gebruikt zijn. Omdat het hier een quasi-3D model betreft, zijn er geen lagen die elkaar snijden, maar de randen van de grids sluiten niet perfect op elkaar aan of op de basis van het Quartair. Met het gebruik van fictieve boringen is het mogelijk om de isohypsen te ‘sturen’ in gebieden waar weinig gegevens voorhanden zijn. Deze methode werd zo weinig mogelijk gebruikt omdat het slechts schattingen zijn.

De algemene strekking van alle lagen is ongeveer gelijk, WNW-EZE. In het breukgebied verandert deze naar een WZW-ENE strekking. Door middel van de fictieve boringen werd de strekking in het breukgebied telkens rechtgetrokken.

In vergelijking met het isohypsenmodel van VANCAMPENHOUT (2004) hebben de isohypsen een zeer gelijkmatig verloop, wat het gevolg is van de hoge kwaliteit van de gegevens en het beperkte aantal boringen. Bovendien hebben de gebruikte boringen in vergelijking een zeer regelmatige spreiding over het studiegebied wat ervoor zorgt dat de kwaliteit van de berekende grids over het gehele studiegebied nagenoeg gelijk is.

### 4.2 Top van de Formatie van Boom (figuur 26)

Vermits dit de top van een formatie is, in tegenstelling tot de overige berekende lagen, is gezorgd dat deze laag aansluit op de dagzoomlijnen van de basis van de Leden van Belsele-Waas, Terhagen en Putte. Hiervoor zijn de dagzoomlijnen van de geologische kaart van het Tertiair (figuur 41) gekruisd met raster. De snijpunten punten zijn toegevoegd als fictieve boringen.

Als resultaat hiervan is op de isohypsenkaart duidelijk de cuesta van de klei van de Formatie van Boom zichtbaar in het dagzoomgebied.

### 4.3 Overgang Formatie van Boom – Lid van Belsele-Waas naar Formatie van Bilzen – Lid van Berg (figuur 29)

De gegevens voor de basis van deze twee leden werden samengenomen. Hieruit werd één grid en één set isohypsen berekend. Als zuidelijke grens is in het westen de dagzoomlijn van de het Lid van Belsele-Waas genomen, in het oosten de dagzoomlijn van de Formatie van Bilzen (met het Lid van Berg als onderste lid).

De grens tussen deze twee leden is getrokken op basis van de interpretaties van de boringen. Deze isohypsen verschillen van deze van VANCAMPENHOUT (2004) omdat de isohypsen in dat project op formatieniveau getekend zijn. Het Lid van Belsele-Waas en het Lid van Berg behoren immers tot verschillende formaties.

In realiteit bestaat er ook hier een overlappingsgebied tussen beide leden waarvan de exacte omvang niet bekend is.

### 4.4 Overgang Formatie van Zelzate – Lid van Bassevelde naar Formatie van Sint-Huibrechts-Hern – Lid van Grimmertingen (figuur 33)

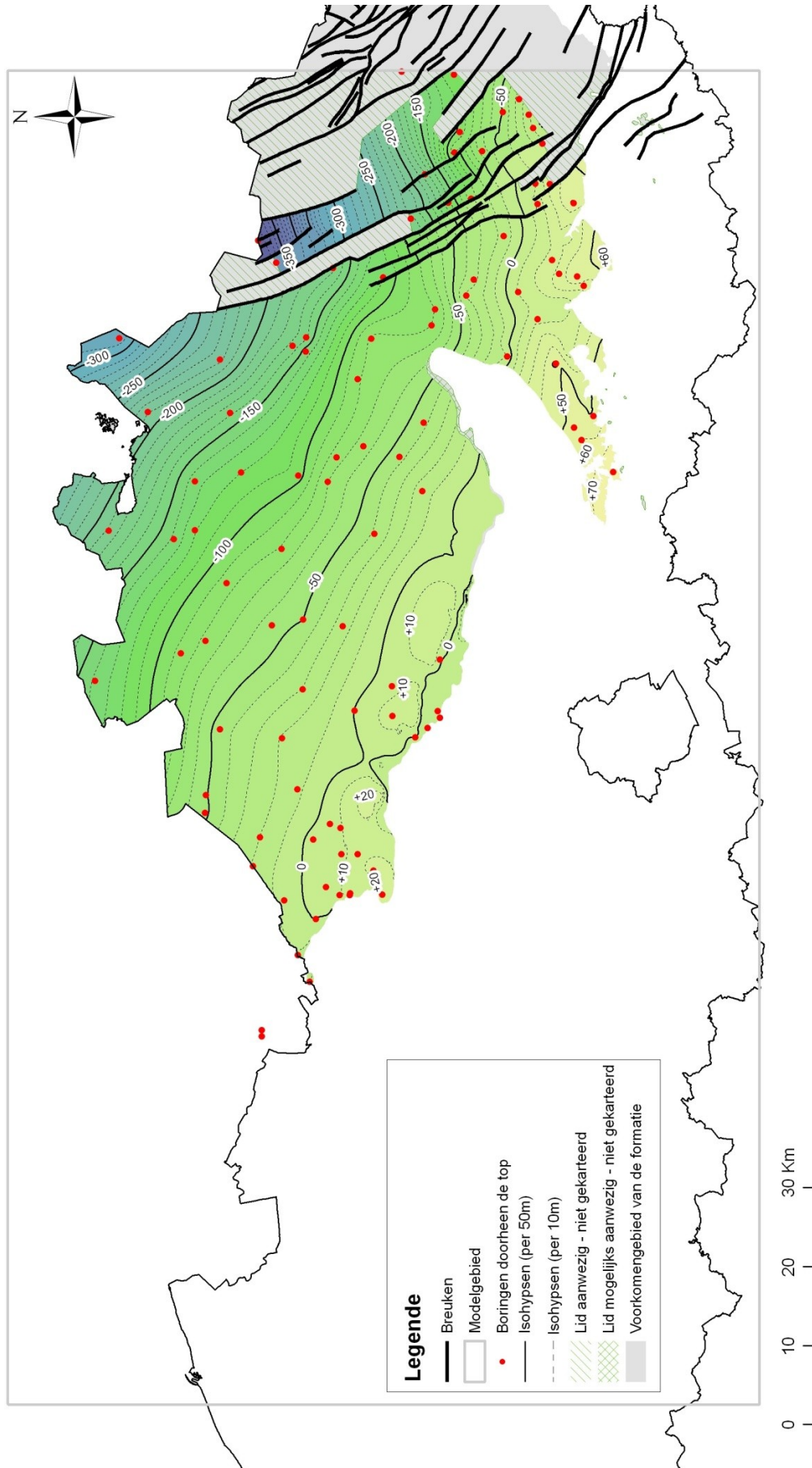
De gegevens voor de basis van deze twee leden werden samengenomen. Hieruit is één grid en één set isohypsen berekend. In het zuidwesten is de dagzoomlijn van het Lid van Bassevelde als zuidelijke grens van het voorkomengebied genomen. In het zuidoosten is hiervoor de dagzoomlijn van het Lid van Grimmertingen genomen. Zoals reeds aangehaald is dit een veralgemening, vermits de basis van het Lid van Grimmertingen sequentiestratigrafisch overeenkomt met het bovenste deel van het Lid van Bassevelde (SAEYS ET AL., 2004). Omdat het model dat hier besproken wordt opgebouwd is uit leden wordt er geen onderscheid op sub-lidniveau gemaakt.

Er kon op basis van de gegevens een scheidingslijn getekend worden waar de gebruikte boringen met het Lid van Bassevelde ten westen van deze scheidingslijn liggen en de boringen met het Lid van Grimmertingen ten oosten.

In realiteit bestaat er een overlappingsgebied tussen beide leden waarvan de exacte omvang niet bekend is.

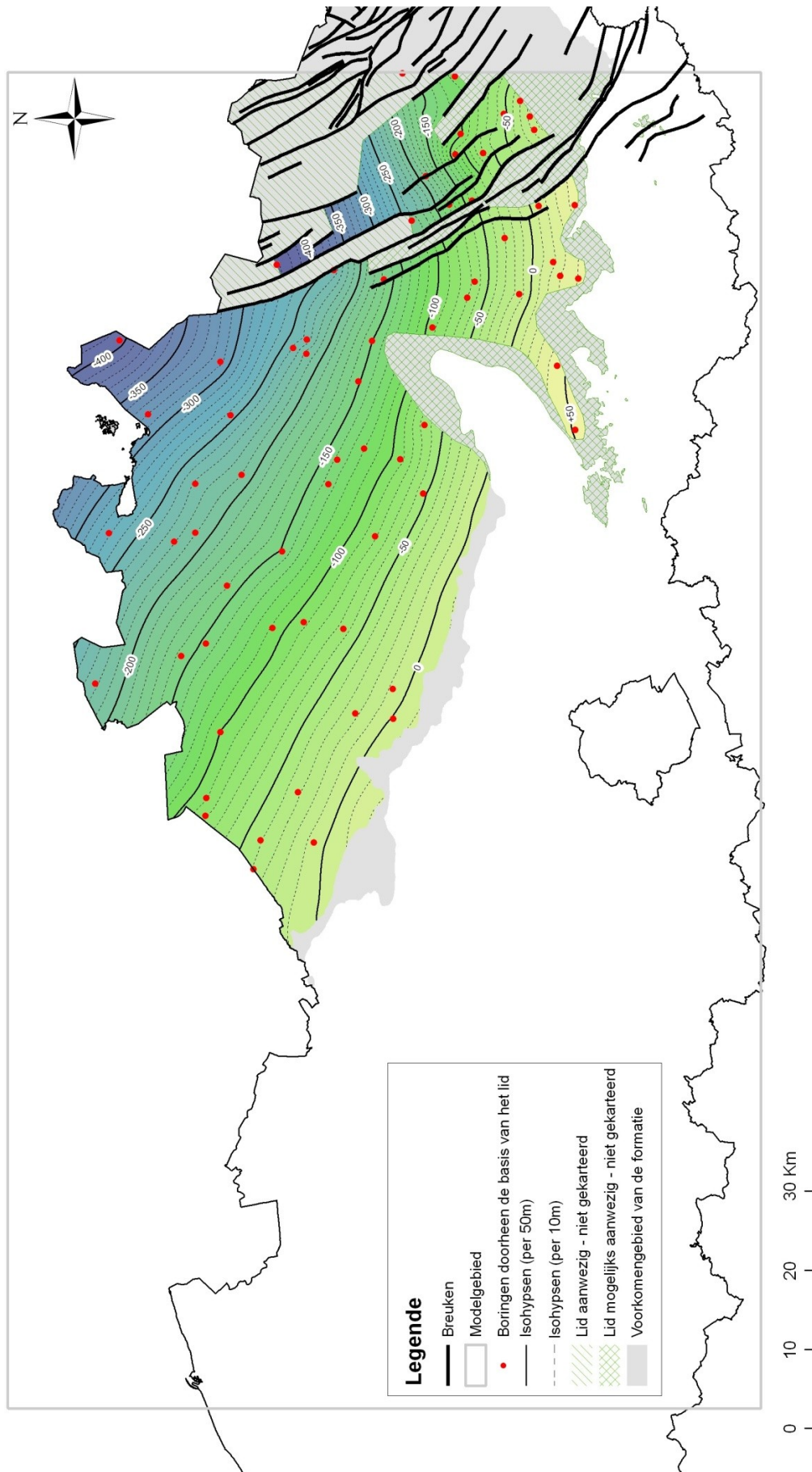
Ter hoogte van de boring van Herenthout (BGD044E0318) is er een overgangsgebied dat zich uitstrekt ten noordoosten en ten zuidwesten van deze boring. In deze overgangszone gaat het Lid van Belsele-Waas van de Formatie van Boom over in het Lid van Berg van de Formatie van Bilzen, de Formatie van Zelzate gaat over in de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern en de Formatie van Maldegem wijgt uit naar het oosten toe. Er is een schets gemaakt van de geologische opbouw rond de boring van Herenthout (figuur 42).

Top van de Formatie van Boom



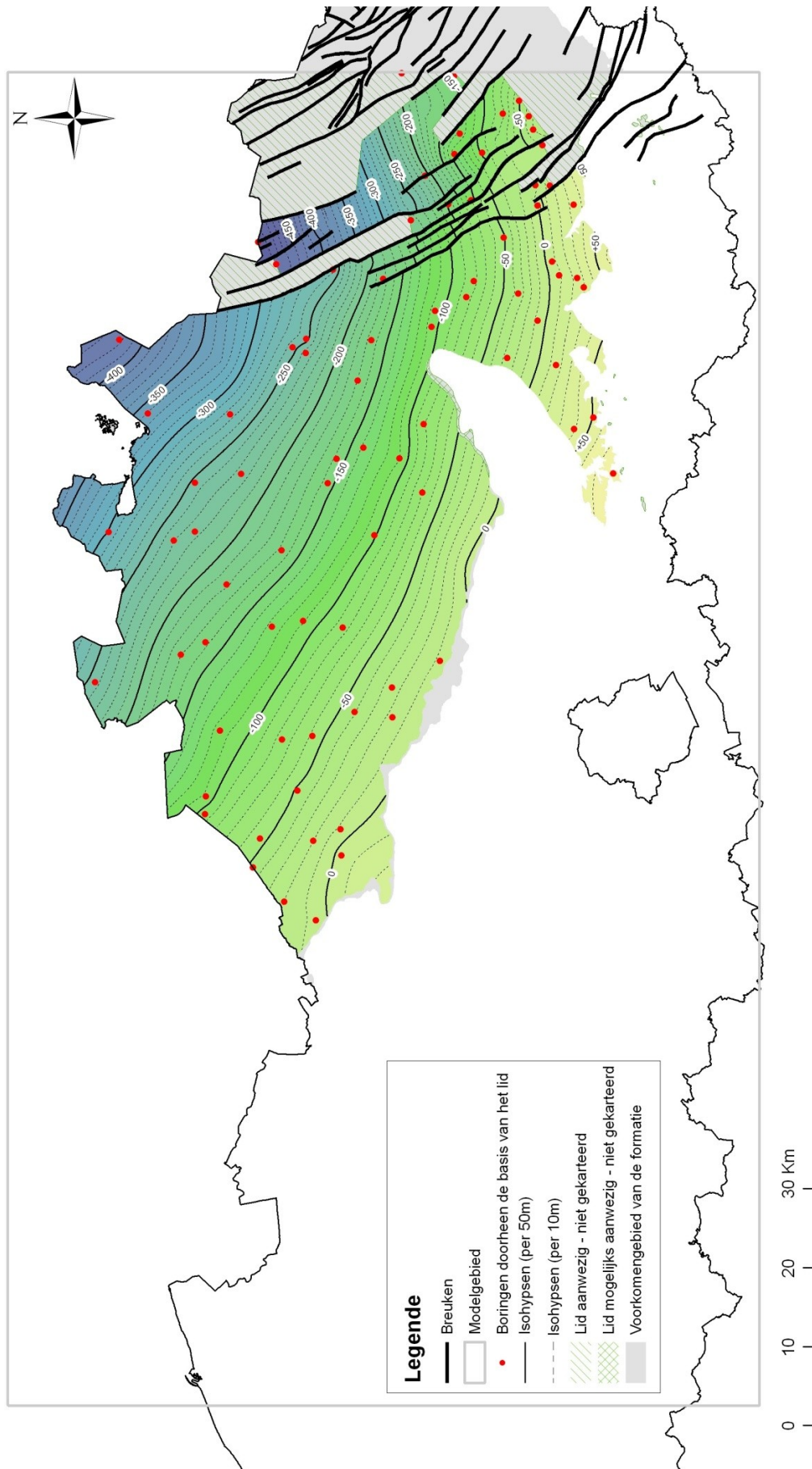
Figuur 26 – Voorstelling van de isohypsens van de basis van de Formatie van Boom.

### Formatie van Boom - Lid van Putte



Figuur 27 – Voorstelling van de isohypsens van de basis van het Lid van Putte – Formatie van Boom.

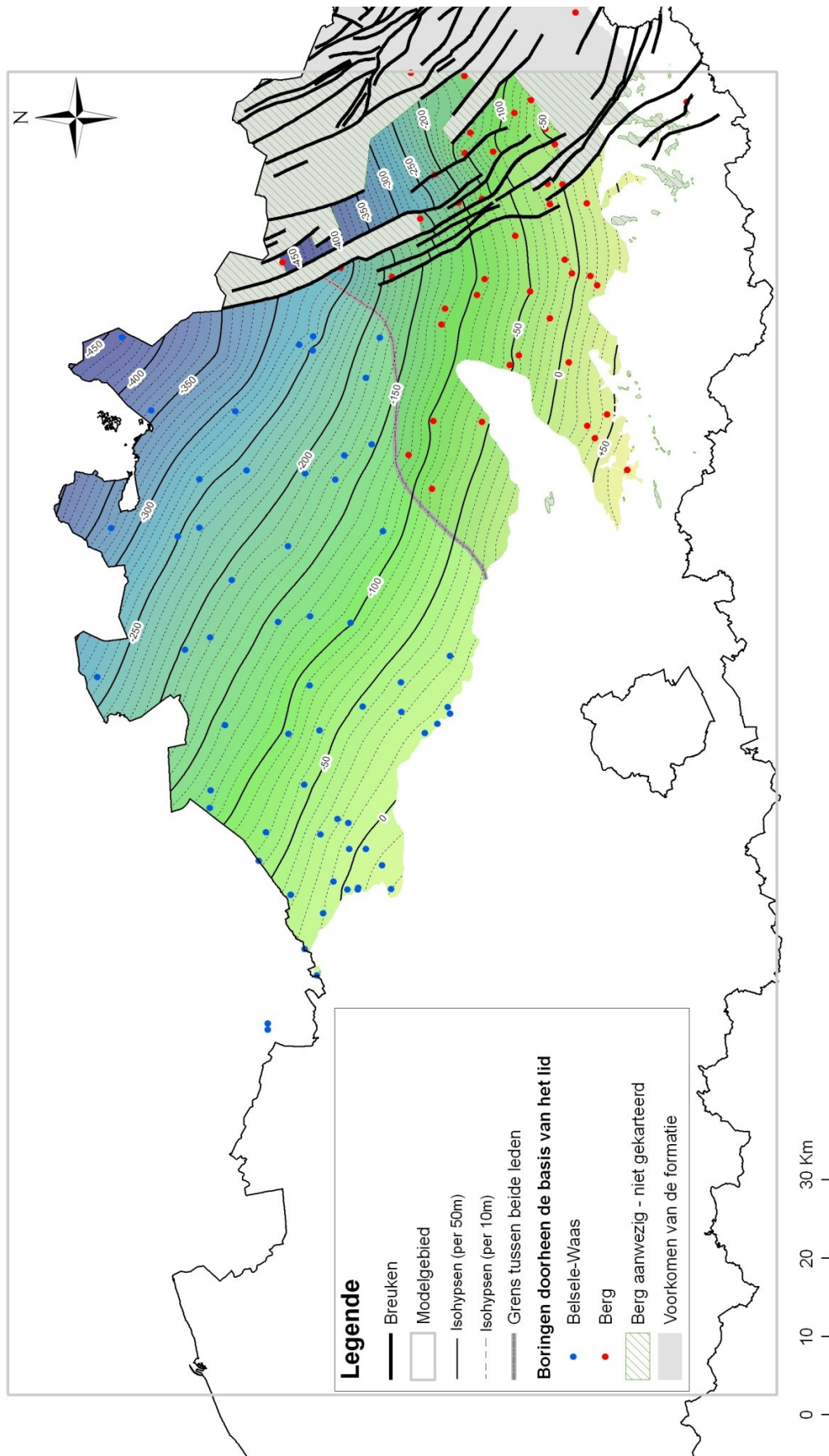
Formatie van Boom - Lid van Terhagen



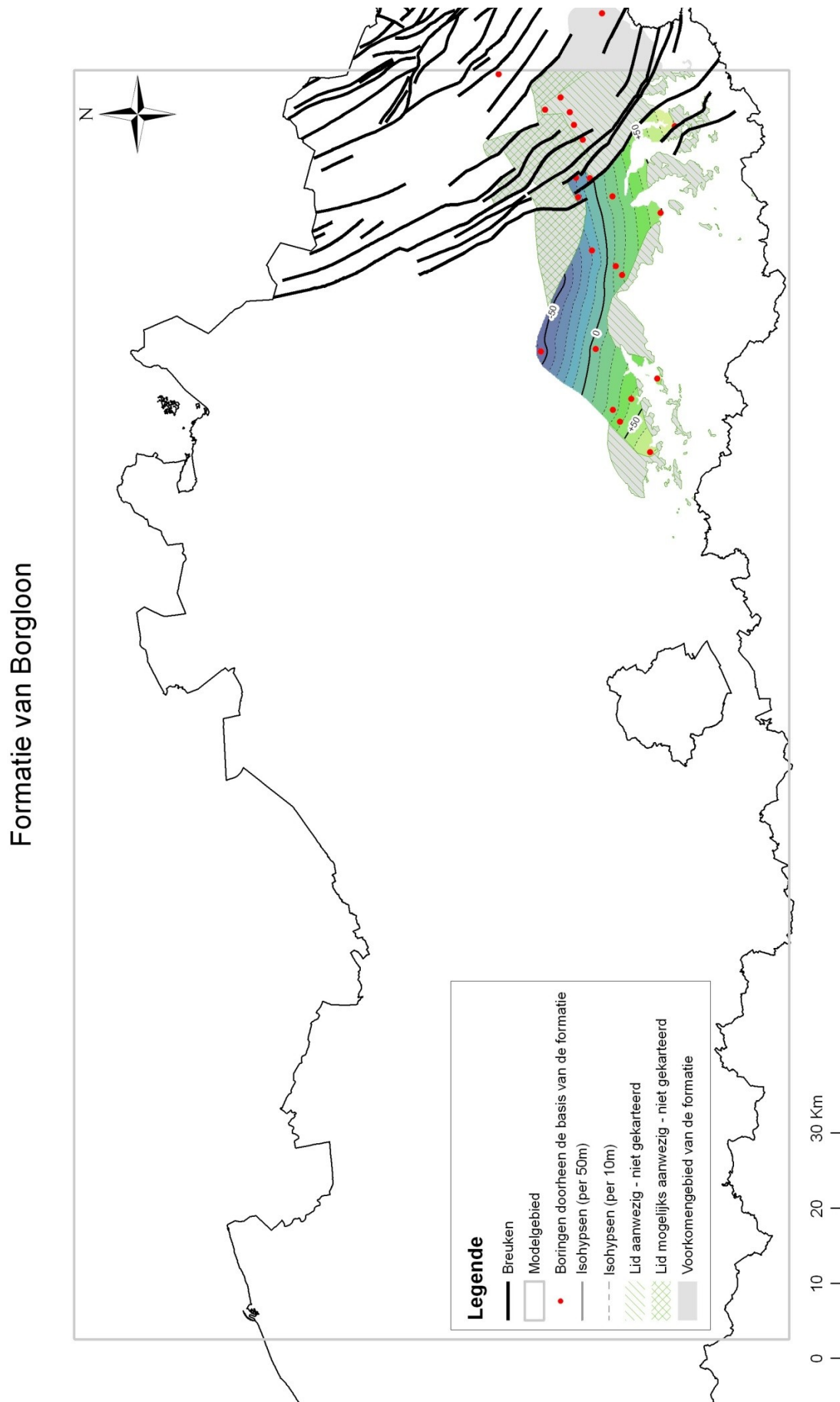
Figuur 28 – Voorstelling van de isohypsens van de basis van het Lid van Terhagen – Formatie van Boom.



Formatie van Boom - Lid van Belsele-Waas en Formatie van Bilzen - Lid van Berg

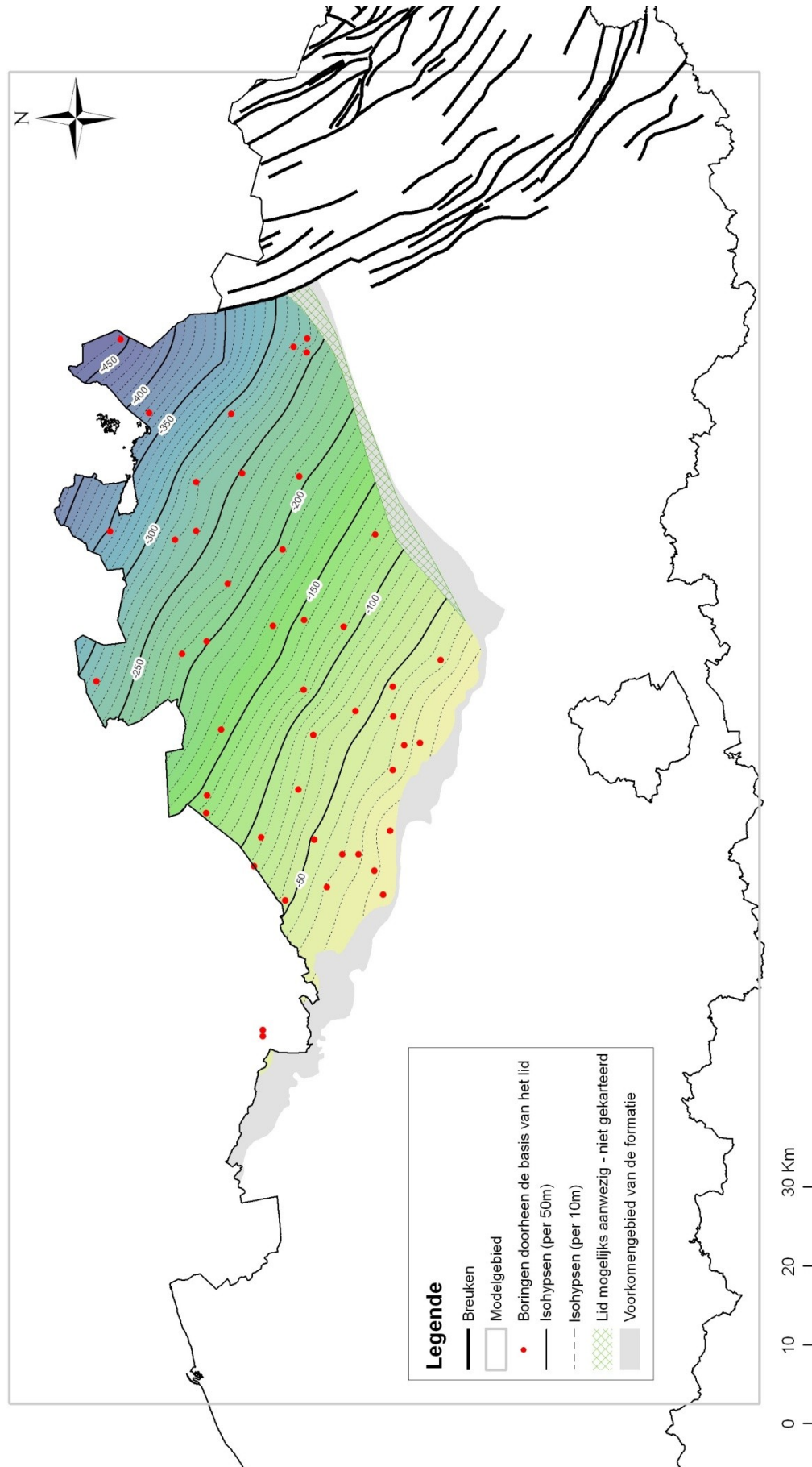


Figuur 29 – Voorstelling van de isohypsen van de basis van Lid van Belsele-Waas- Formatie van Boom en van het Lid van Berg – Formatie van Bilzen.



Figuur 30 – Voorstelling van de isohypsen van de basis van de Formatie van Borgloon.

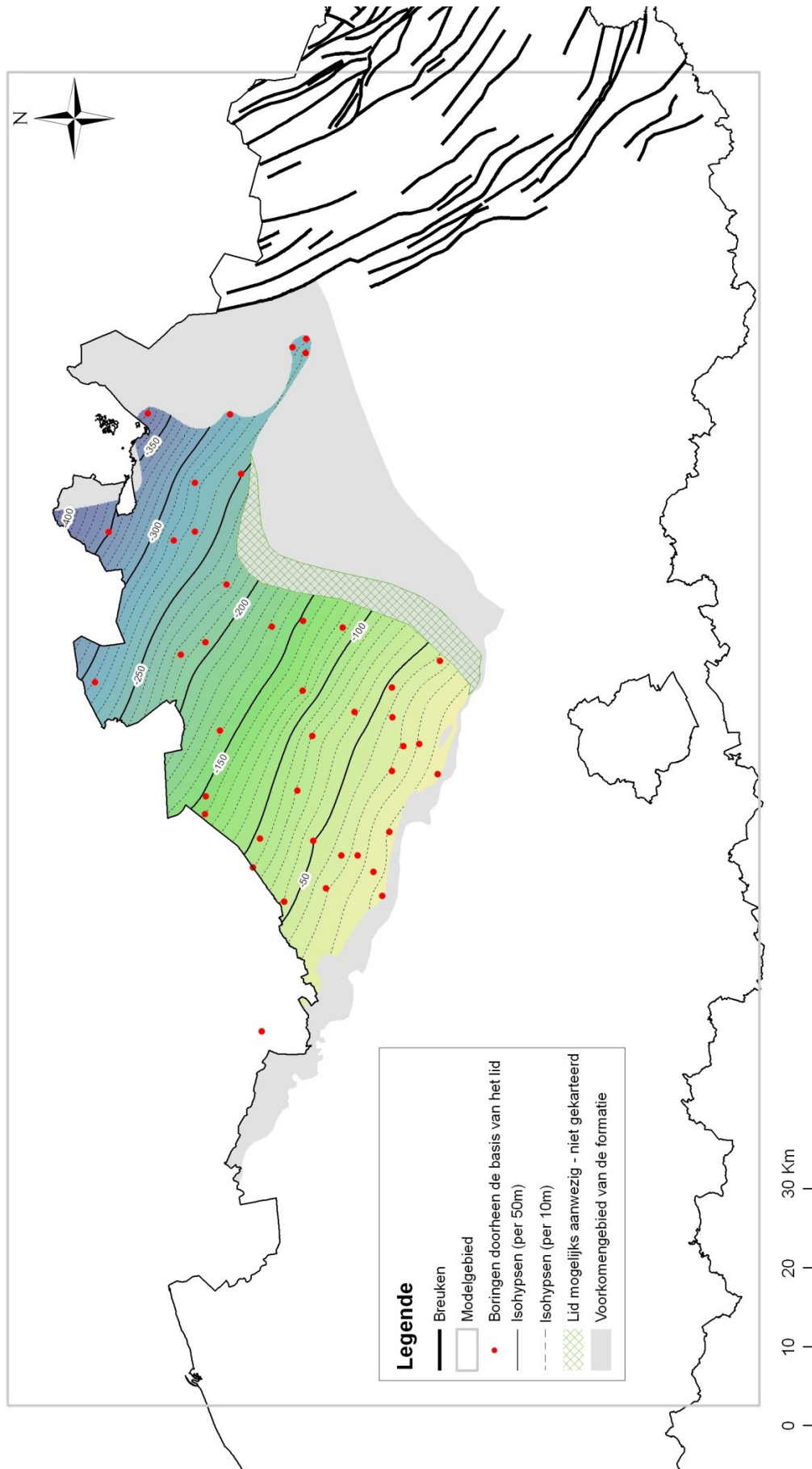
### Formatie van Zelzate - Lid van Ruisbroek



Figuur 31 – Voorstelling van de isohypsens van de basis van het Lid van Ruisbroek – Formatie van Zelzate.

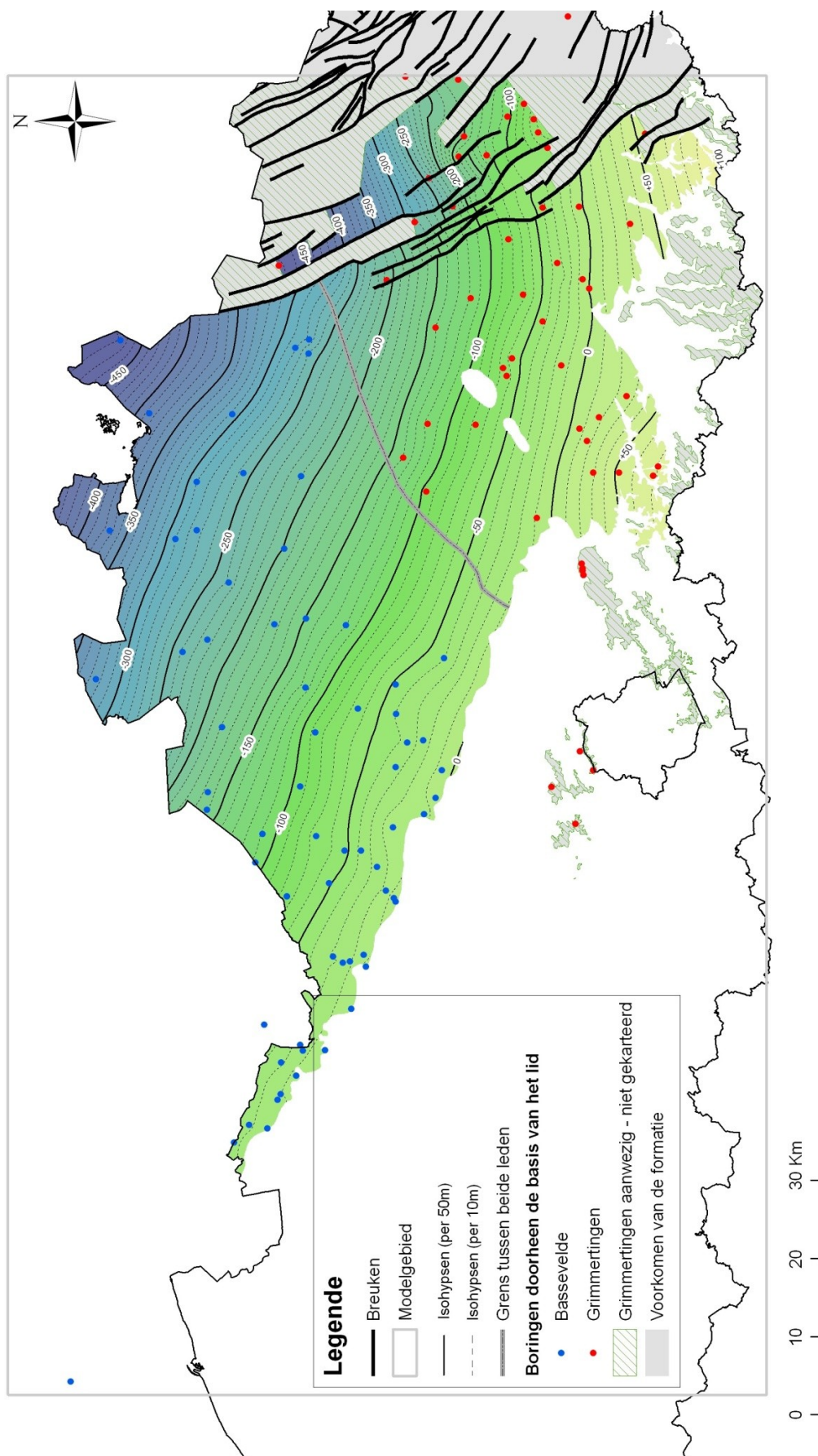


Formatie van Zelzate - Watervliet



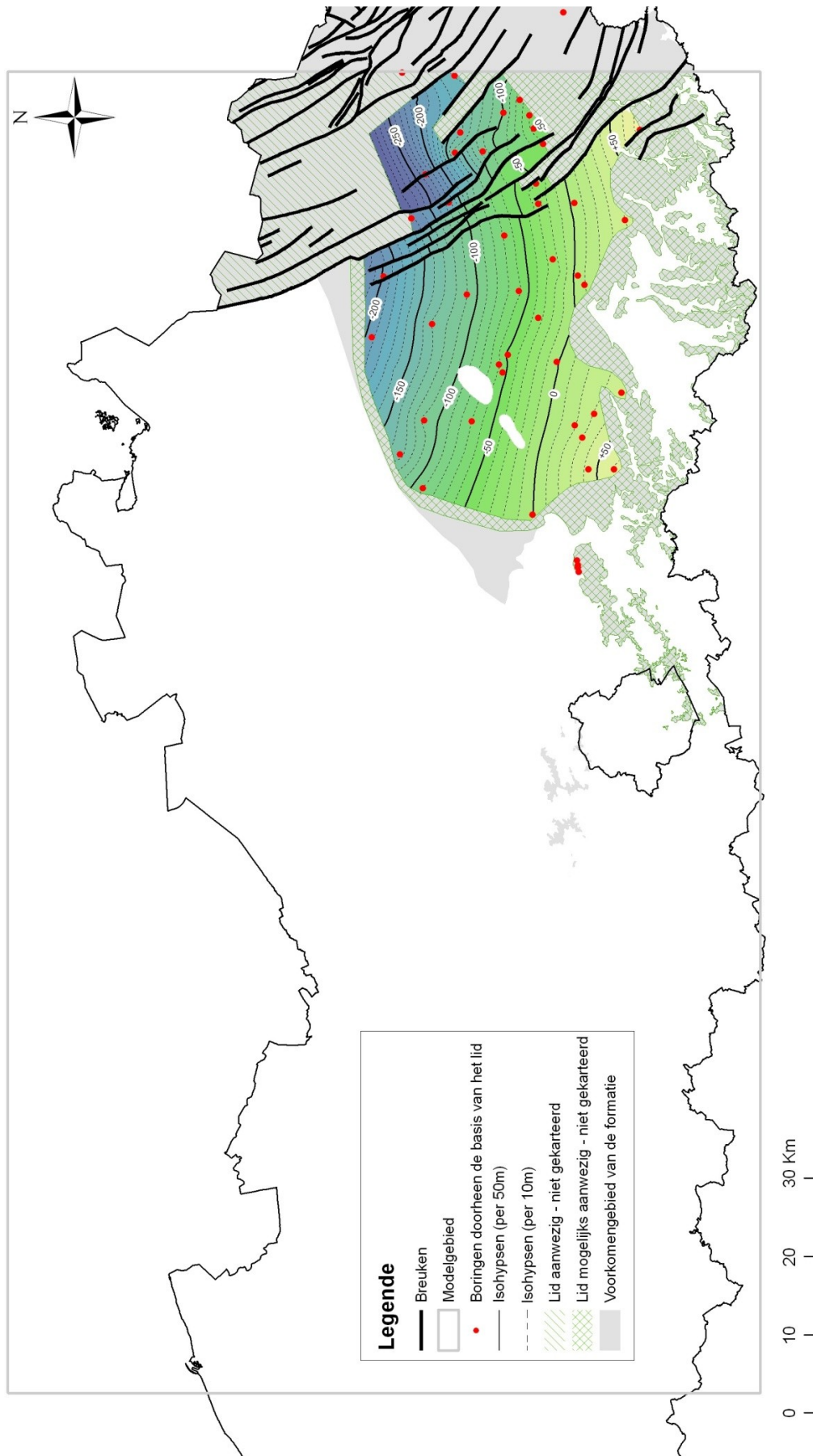
Figuur 32 – Voorstelling van de isohypsens van de basis van het Lid van Watervliet – Formatie van Zelzate.

## Formatie van Zelzate - Lid van Bassevelde & Formatie van St.-H.-Hern - Lid van Grimmerdingen



Figuur 33 – Voorstelling van de isohypsens van de basis van het Lid van Bassevelde – Formatie van Zelzate en van het Lid van Grimmerdingen – Formatie van Sint-Huibrechts-Hern.

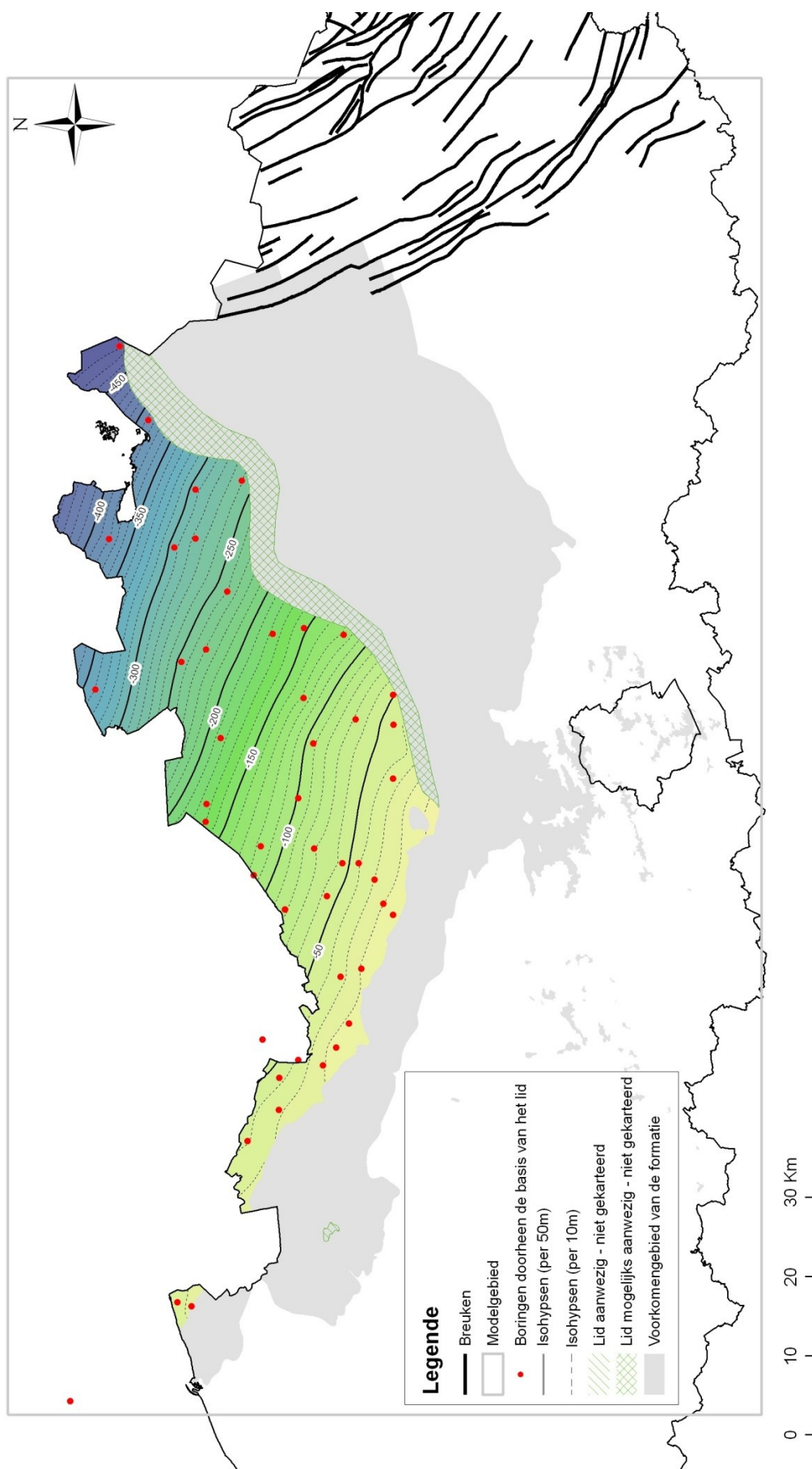
Formatie van Sint-Huibrechts-Hern - Lid van Neerrepes



Figuur 34 – Voorstelling van de isohypsen van de basis van het Lid van Neerrepes – Formatie van Sint-Huibrechts Hern.

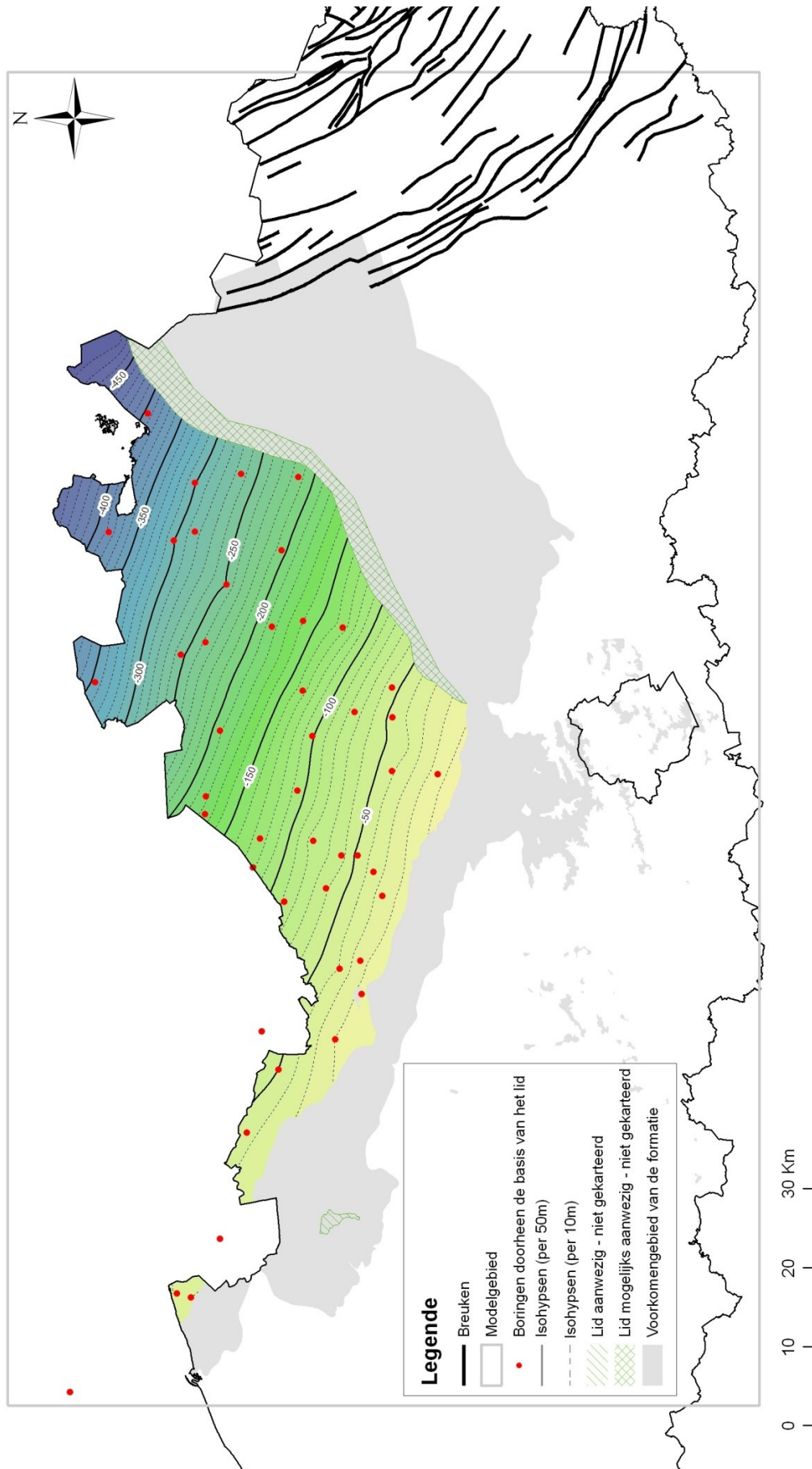


### Formatie van Maldegem - Lid van Onderdijk



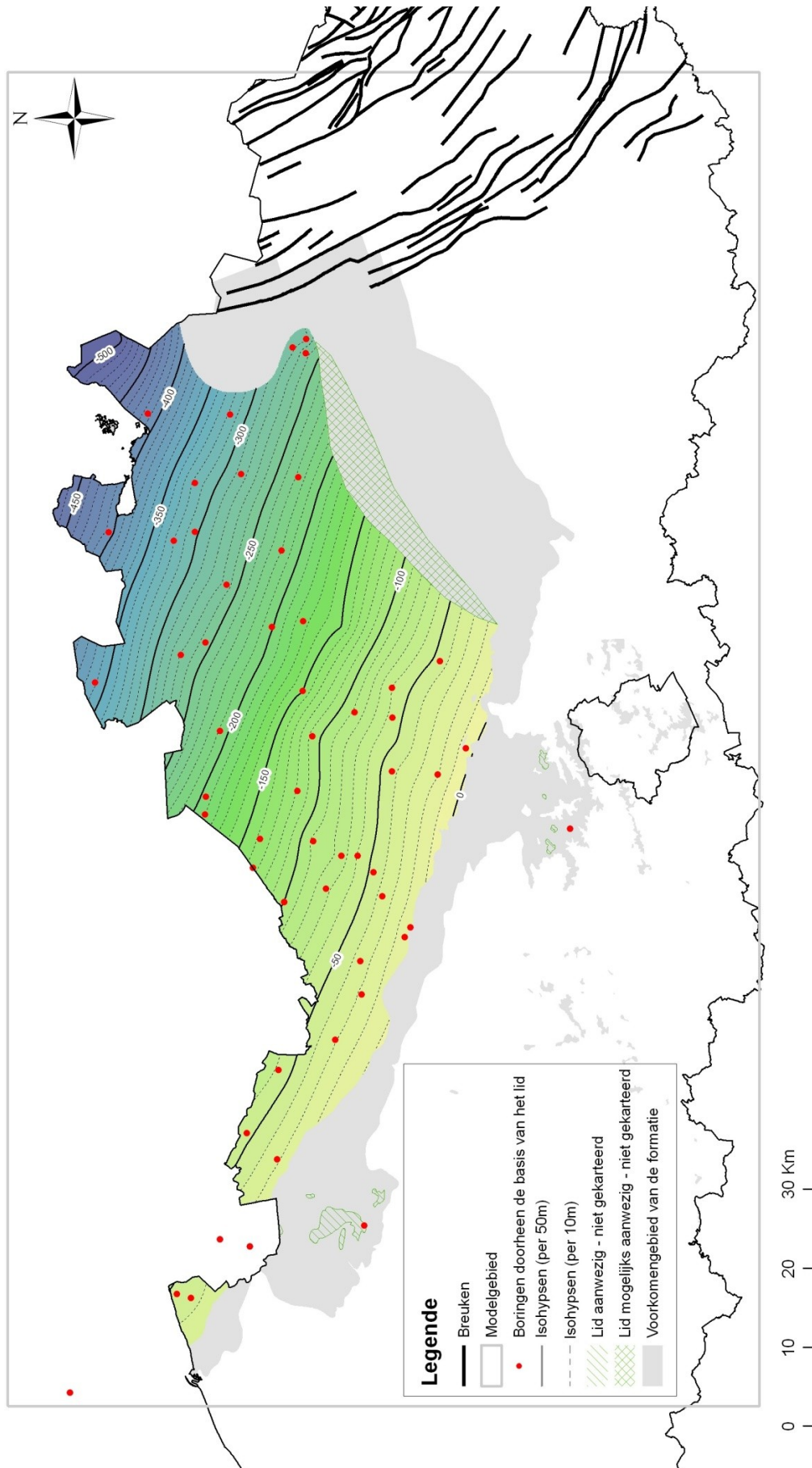
Figuur 35 – Voorstelling van de isohypsen van de basis van het Lid van Onderdijk – Formatie van Maldegem.

Formatie van Maldegem - Lid van Buisputten



Figuur 36 – Voorstelling van de isohypsen van de basis van het Lid van Buisputten – Formatie van Maldegem.

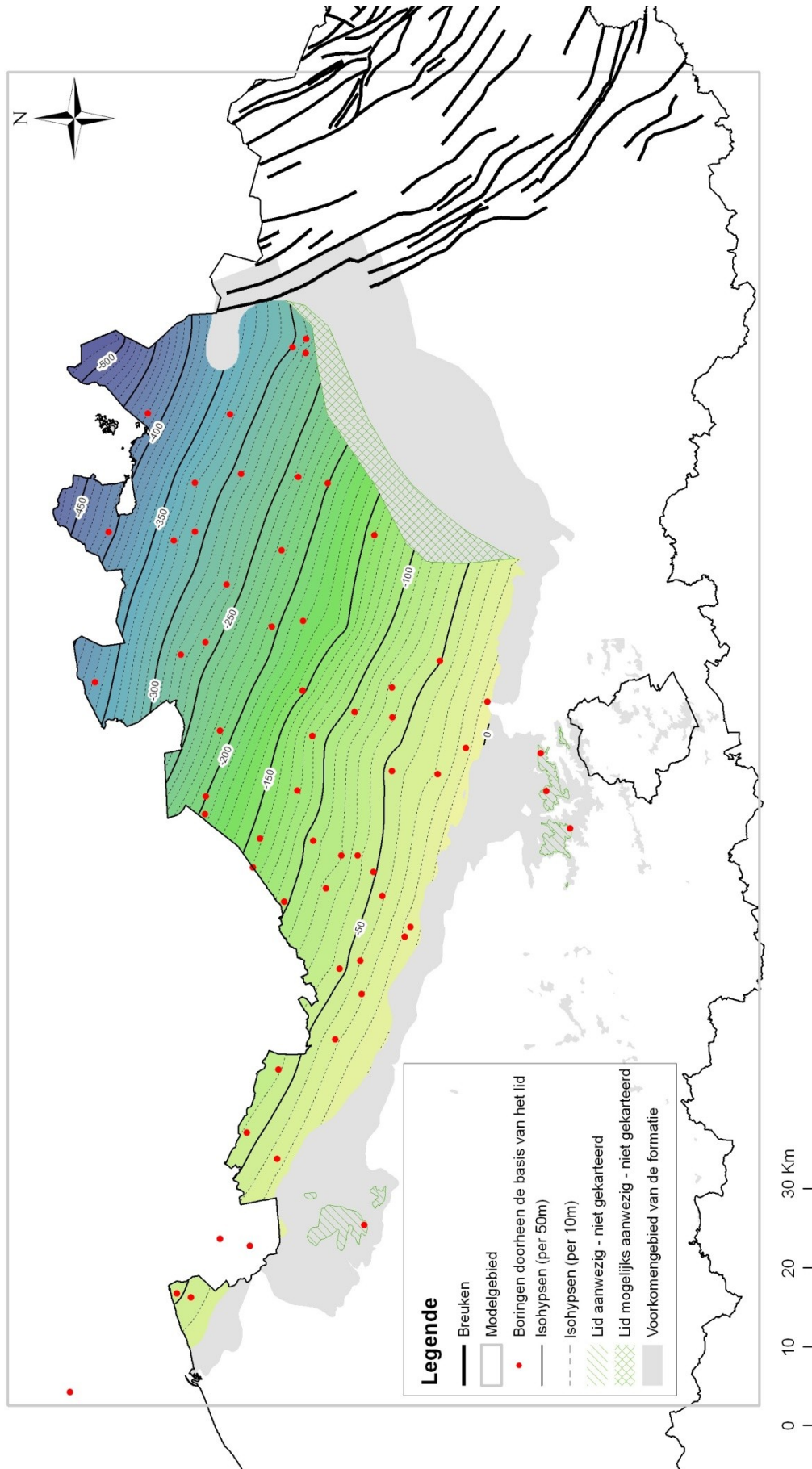
### Formatie van Maldegem - Lid van Zomergem



Figuur 37 – Voorstelling van de isohypsen van de basis van het Lid van Zomergem – Formatie van Maldegem.

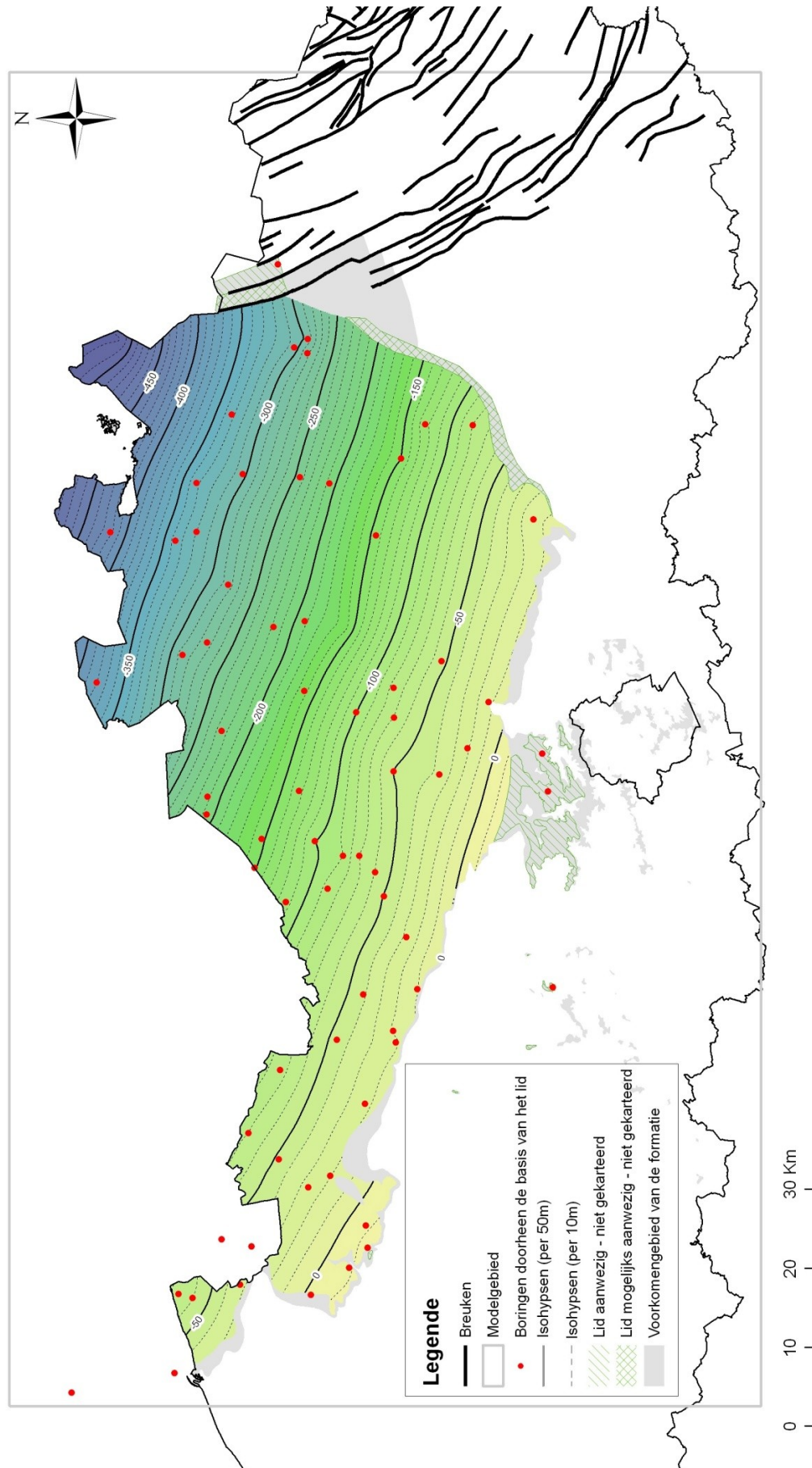


Formatie van Maldegem - Lid van Onderdale



Figuur 38 – Voorstelling van de isohypsen van de basis van het Lid van Onderdale – Formatie van Maldegem.

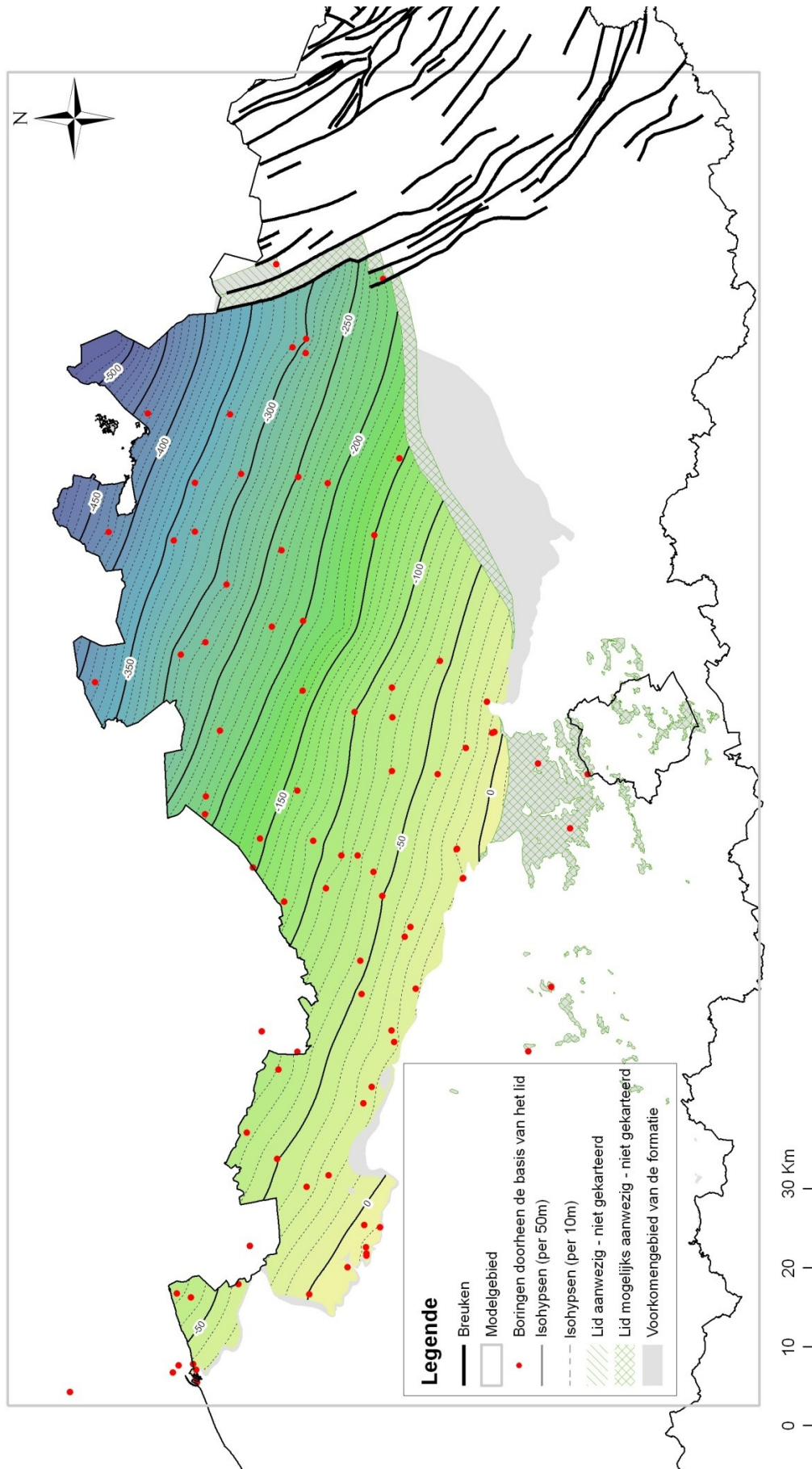
### Formatie van Maldegem - Lid van Urssel



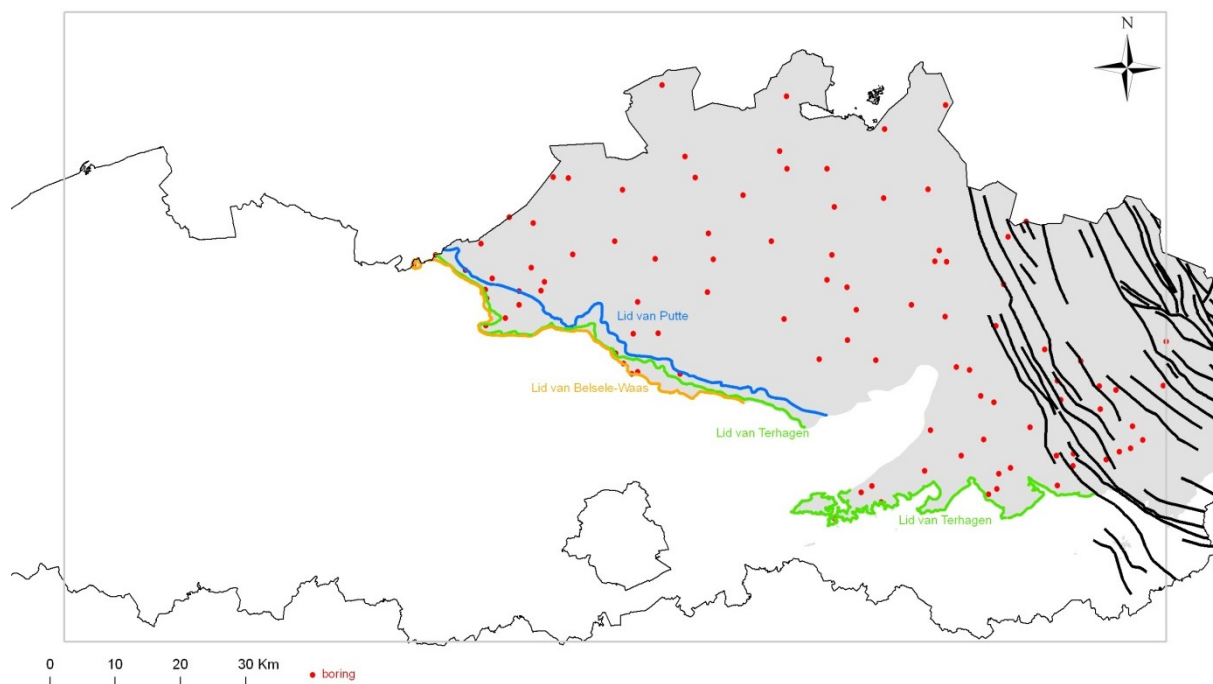
Figuur 39 – Voorstelling van de isohypsen van de basis van het Lid van Urse – Formatie van Maldegeml.



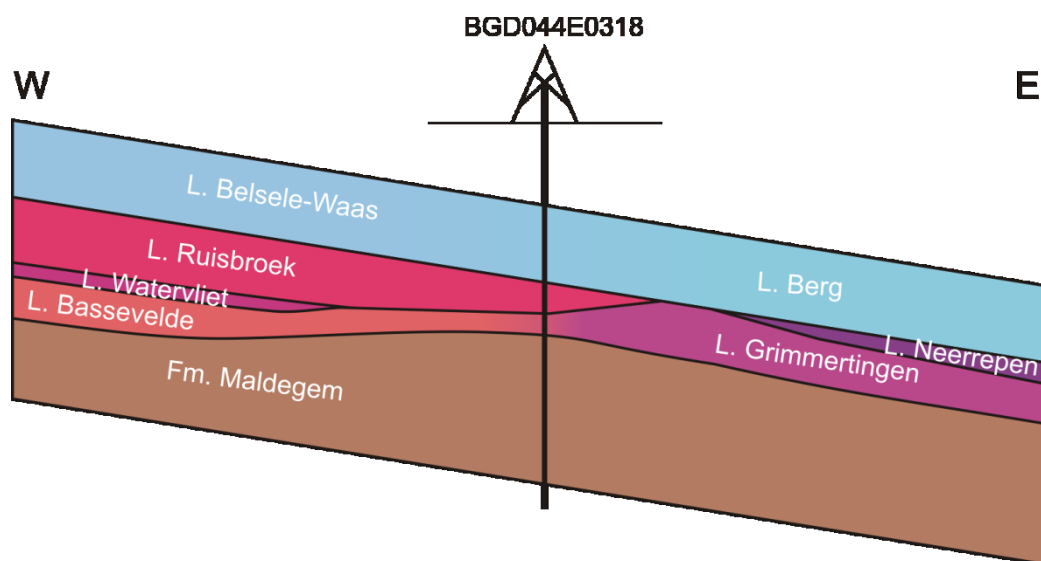
Formatie van Maldegem - Lid van Asse



Figuur 40 – Voorstelling van de isohypsen van de basis van het Lid van Asse – Formatie van Maldegem.



Figuur 41 – Dagzoomlijnen van de basis van de leden van Belsele-Waas, Terhagen en Putte. Omdat het grid de top van een formatie weergeeft is dit grid aangesloten op de dagzoomlijnen.



Figuur 42 – West-oost profielschets van de geologische opbouw van de verschillende leden rond de boring van Herenthout (BGD044E0318). In dit gebied wiggen de Formatie van Zelzate (Lid van Ruisbroek, Watervliet en Bassevelde) en de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern (Lid van Neerrepen en Grimmertingen) uit. De Formatie van Maldegem wordt ingesneden door de bovenliggende lagen en het Lid van Belsele-Waas van de Formatie van Boom gaat over in het Lid van Berg van de Formatie van Bilzen.

## 4.5 Profielen

Op basis van de berekende grids zijn twee profielen getekend: een west-oost profiel (profiel 1) en een zuidwest-noordoost profiel (profiel 2). De topografie en de basis van het Quartair zijn overgenomen van het Vlaams Grondwatermodel (MEYUS ET AL., 2004). De grids van de verschillende lagen sluiten niet overal mooi op elkaar aan. Voor de constructie van de profielen zijn de uiterste grenzen van de lagen bijgetekend zodat ze een mooi sluitend geheel vormen.

### 4.5.1 Profiel 1

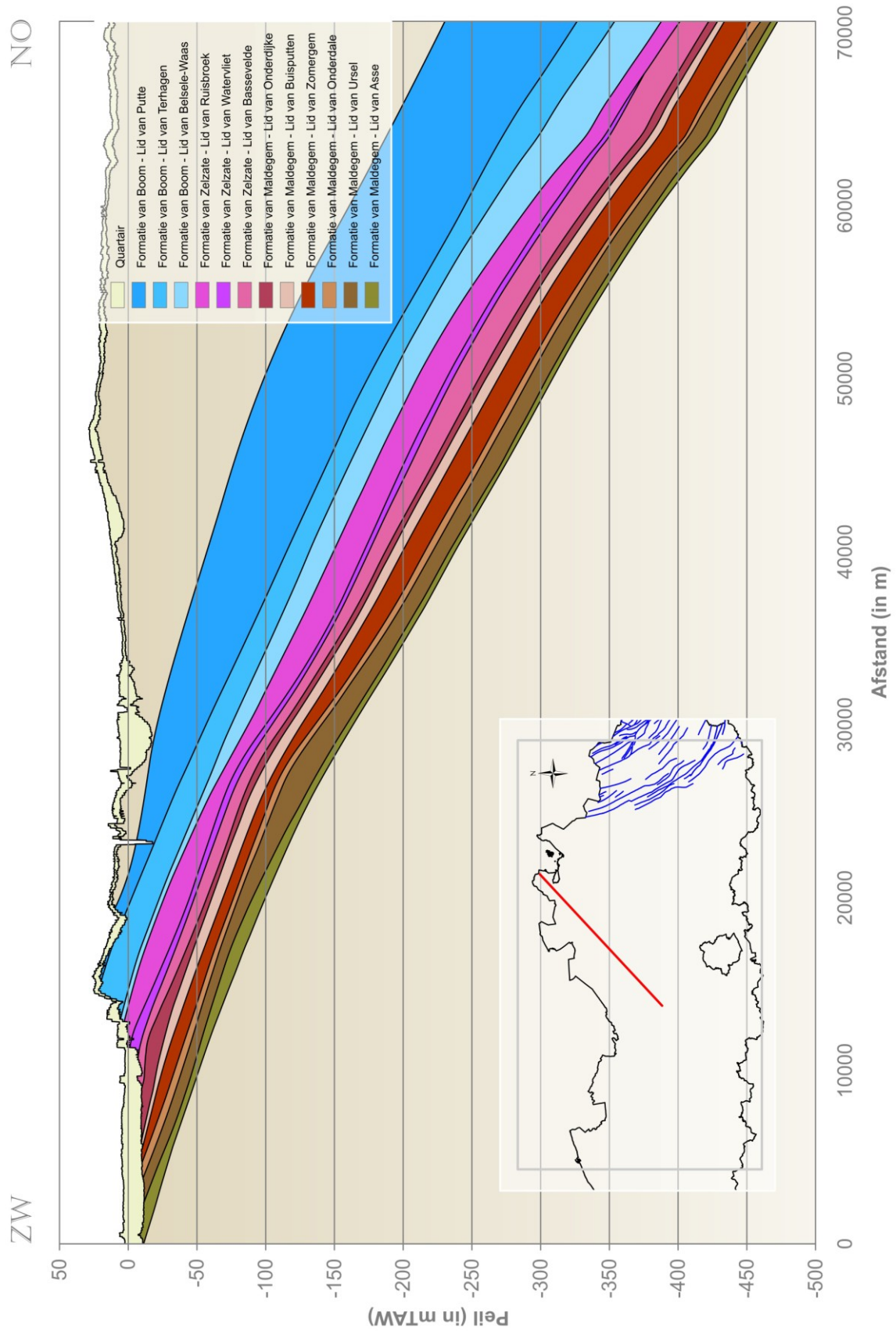
Profiel 1 is een zuidwest-noordoost profiel door ongeveer het midden van het studiegebied (figuur 43). Dit profiel toont een zeer gelijkmatige helling van de lagen naar het noordoosten. Het is ook duidelijk hoe de klei van de Formatie van Boom een topografisch hoog vormt. De diepe insnijding net ten noordoosten van het dagzoomgebied van het Lid van Terhagen (Formatie van Boom) wordt veroorzaakt door de Schelde.

### 4.5.2 Profiel 2

Profiel 2 is een west-oost profiel dat in het oosten door het breukengebied snijdt (figuur 44). Dit profiel snijdt ook door de overgangszone tussen het Lid van Belsele-Waas (Formatie van Boom) en het Lid van Berg (Formatie van Bilzen), en de Formatie van Zelzate en de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern. De Formatie van Maldegem wigt hier uit naar het oosten toe. Het Lid van Terhagen (Formatie van Boom) wordt ingesneden door de Formatie van Diest. De breuken in het oosten zijn in het donkerblauw weergegeven. De extensie van het Lid van Ursel en het Lid van Asse (Formatie van Maldegem) naar het oosten toe is niet bekend in dit model.

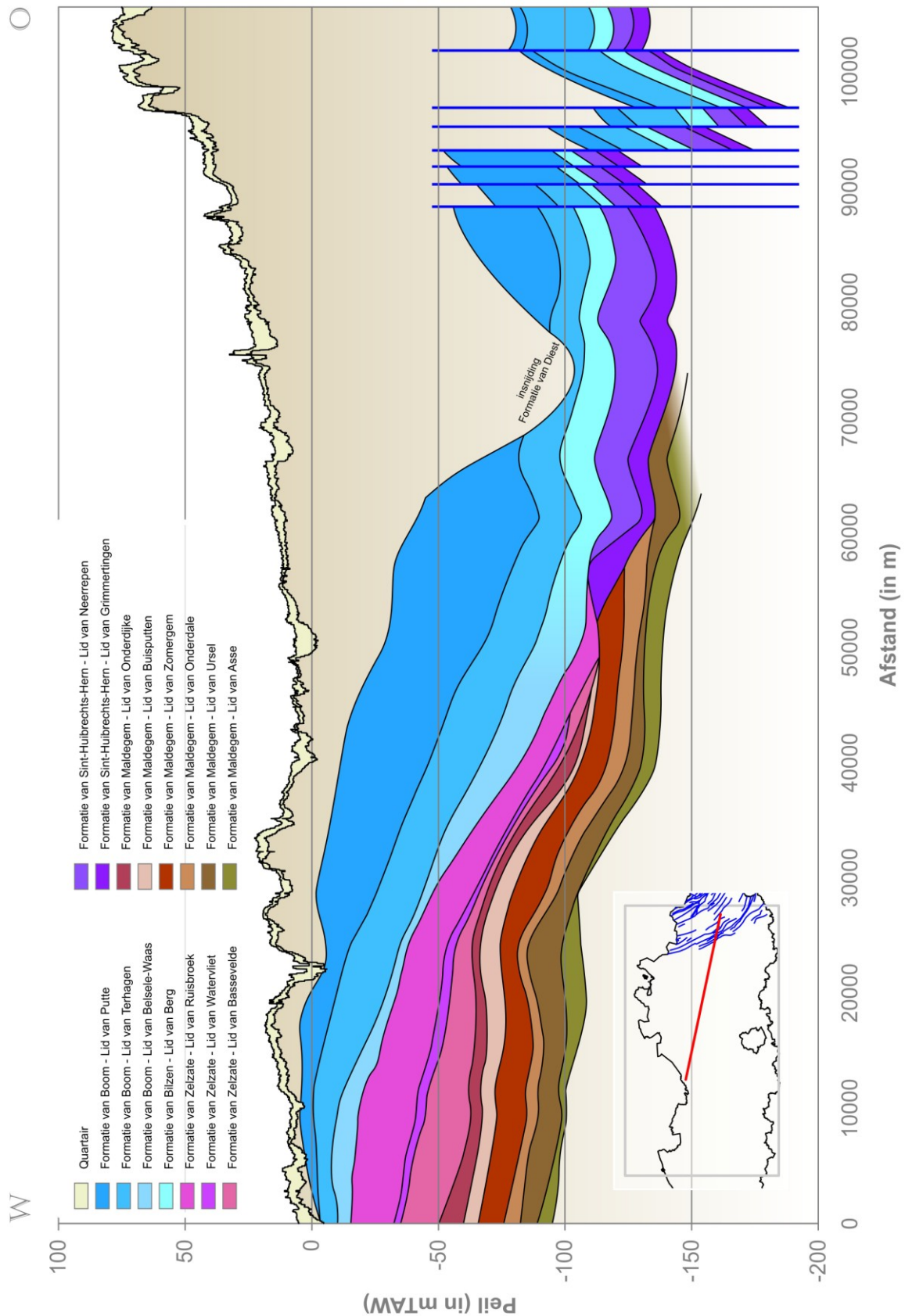
## Dankwoord

De auteurs willen graag NIRAS en SCK-CEN, en in het bijzonder Isabelle Wemaere, bedanken om deze studie mogelijk te maken en voor de toestemming hierover te publiceren. De reviewers, Noël Vandenberghe en Patric Jacobs worden ook bedankt voor het nalezen van de tekst.



Figuur 43 – Profiel 1. Dit profiel loopt van het zuidwesten naar het noordoosten door het midden van het studiegebied. De verschillende lagen hebben een gelijkmatige helling naar het noordoosten.





Figuur 44 – Profiel 2. Dit west-oost profiel loopt in het oosten door het breukgebied (breuken in donkerblauw). Ten westen hiervan is de insnijding van de Formatie van Diest in de Formatie van Boom te zien. In het midden wiggen de Formaties van Zelzate en Sint-Hubrechts-Hern uit, en verdwijnen enkele leden van de Formatie van Maldegem. De verbreiding van de leden van Urssel en Asse naar het oosten is niet gekend in dit project.

## Referenties

- ALBON (2009). Lithostratigrafie van het Tertiair in Vlaanderen.  
<http://www.lne.be/themas/natuurlijke-rijksdommen/pdf/StratTertiair.pdf>
- BELGISCHE GEOLOGISCHE DIENST (BGD). Archief. Brussel.
- DATABANK ONDERGROND VLAANDEREN (DOV). <http://dov.vlaanderen.be>
- DIGITALE VERSIE VAN DE GEOLOGISCHE KAART VAN HET TERTIAIR, MVG, EWBL, afdeling Natuurlijke Rijksdommen & Energie, uitgave 2001 (OC GIS-Vlaanderen).
- LAGA, P., LOUWYE, S. & GEETS, S., 2001. Paleogene and Neogene lithostratigraphic units (Belgium). In: Bultynck & Dejonghe, eds., Guide to a revised lithostratigraphic scale of Belgium. *Geologica Belgica*, Brussels, 4(1-2): 135-152.
- MARECHAL, R. & LAGA, P., 1988. Voorstel lithostratigrafische indeling van het Paleogeen. Commissie Tertiair, Belgische Geologische Dienst, Brussel, 208 p.
- MEYUS, Y., ADYNS, D., WOLDEAMLAK, S.T., BATELAAN, O. & DE SMEDT, F., 2004. Opbouw van een Vlaams grondwatervoedingsmodel, eindrapport. Onderzoekopdracht voor het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, afdeling Water. 131 p.
- SAEYS, R., VERHEYEN, A. & VANDENBERGHE, N., 2004. A rapid clay-mineral change in the earliest Priabonian of the North Sea Basin? *Netherlands Journal of Geosciences / Geologie en Mijnbouw*, 83 (3): 179-185.
- VANCAMPENHOUT, P., 2004. Opmaak Isohypsen van het Tertiair in Vlaanderen. Belgische Geologische Dienst, i.o.v. ALBON, te raadplegen op DATABANK ONDERGROND VLAANDEREN – [dov.vlaanderen.be](http://dov.vlaanderen.be).
- VANDENBERGE, N., LAGA, P., STEURBAUT, E., HARDENBOL, J. & VAIL, P. The Tertiary Sequence Stratigraphy at the southern border of the North Sea Basin in Belgium. Published online June 8, 2011, doi: 10.2110/pec.98.02.0119; Published in: *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins* Edited by Pierre-Charles de Graciansky, Jan Hardenbol, Thierry Jacquin, and Peter R. Vail. Vol. 60. 1998. p.119-154.
- WELKENHUYSEN, K. & DE CEUKELAIRE, M., 2009. Tertiair lithostratigrafische interpretatie op basis van geofysische boorgatmetingen van de boringen van meetnet 1 VMM-Afdeling Water uitgevoerd in 2005-2006. Professional Paper van de Belgische Geologische Dienst, Brussel, 2009/2 (306), 77 p.



## Bijlage 1: Dataset van gekernde en droge boringen

BGDNR	X	Y	Z
N1330009	85260.00	218835.00	4.10
011W0326	69265.00	228665.00	-6.84
012E0035	97350.00	221120.00	2.95
024E0099	94230.00	208756.00	8.00
025W0143	102850.00	215610.00	4.00
025W0146	103590.00	215230.00	4.00
026W0069	121160.00	208610.00	5.40
027E0096	138580.00	208610.00	14.00
028W0310	149400.00	214750.00	7.00
028W0312/5	149899.00	210833.00	9.03
029E0348	173400.00	214800.00	11.00
039W0212	87900.00	204200.00	28.70
039W0219	85130.00	203970.00	18.70
040E0309	110430.00	207010.00	7.90
040E0368	111440.00	207905.00	8.35
041E0203	128681.00	200890.00	7.00
041E0227	128210.00	200640.00	7.00
041E0230	124460.00	199050.00	4.00
041E0317	129573.00	206047.00	11.00
041E0318	129782.00	206033.00	12.00
041E0319	129554.00	207352.00	7.50
041W0151	120410.00	207353.00	6.00
041W0163	120580.00	206460.00	4.00
041W0165	114508.00	206278.00	5.52
041W0169	119910.00	204460.00	4.00
042E0212	145405.00	200668.00	2.00
042E0318/1	138065.00	207245.00	20.80
042W0232	137743.00	201005.00	8.00
043W0270	148557.00	199231.00	1.55
057E0034	139421.30	197039.00	5.00
057E0058	145017.30	194802.10	6.22
057E0076	141494.00	195628.80	6.85
058W0227	152025.00	194513.80	1.71

BGDNR	X	Y	Z
058W0229	150741.20	196085.40	2.16
058W0230	152866.20	194795.80	2.17
058W0235	148838.10	197201.10	6.55
058W0238	149531.30	197678.40	4.80
071W0249	118060.00	180300.00	61.02
077E0286	224705.80	181420.80	51.50
077E0296	219563.40	180485.20	36.00
087E0501	138194.00	177877.00	78.00
087E0580	145035.00	175601.00	82.00
087E0581	145019.00	175638.00	80.00
088W1374	147427.00	177333.00	72.50
089E0470	171506.00	177076.00	34.00
089E0472	170869.00	176991.00	34.00
089E0473	170032.00	176888.00	29.00
089E0486	170596.00	176957.00	34.00
104W0469	183899.00	167394.00	83.00
104W0482	182737.00	168029.00	87.00
107W0092/2	230114.00	164919.30	117.50
N0550197	66768.10	241857.30	-15.00
N1320023	79170.00	211270.00	10.75
N1330034	86180.00	222650.00	3.30
N1370064	82599.00	206363.00	16.00
N1410006	99160.00	216950.00	3.76
N1410009	105910.00	213260.00	3.80
N1420005	109120.00	212410.00	1.80
N1420007	111670.00	217300.00	3.90
N1420011	109870.00	212790.00	3.80
N1420018	109210.00	209610.00	7.15
N1420105	112430.00	217320.00	4.10
N1430002	118600.00	211210.00	3.50
N1430005	121940.00	212710.00	3.90
N1440216	126520.00	210400.00	5.00

## Bijlage 2: Dataset van boringen met geofysische boorgatmetingen

BGDNR	X	Y	Z
009W0147	200078.00	235542.00	30.70
011E0138	78776.00	226370.00	4.90
016E0234	175756.00	225875.00	28.77
018W0265	197390.00	222680.00	25.75
024E0178	96315.00	215380.00	5.11
024E0187	92770.00	211560.00	5.00
029W0378	164455.00	212040.00	9.46
030W0372	181885.00	208886.00	16.00
031E0338	208980.00	208200.00	35.00
031E0341	209640.00	215490.00	43.00
031W0237	198395.00	211710.00	25.00
031W0300	199117.00	213382.00	24.76
031W0314	200191.00	211652.00	24.88
032W0409	212425.00	217790.00	43.00
040E0362	112582.00	200708.00	7.18
040E0373	111110.00	200400.00	5.00
040W0328	103313.00	204330.00	6.00
041E0245	125700.00	198300.00	5.00
041W0179	117170.00	204550.00	5.00
044E0318	175304.00	202909.00	10.40
045W0337	185001.00	207740.00	17.00
045W0348	185030.00	199690.00	14.00
046E0280	207756.00	201813.00	40.80
047W0260	215223.00	198267.00	59.00
048W0185	233846.00	199437.00	72.00
058E0381	154198.60	188502.00	10.00
058W0315	148333.00	191189.00	8.00
060W0238	180709.00	196786.00	13.00
061E0322	207501.00	190182.00	26.00
061W0171	201715.00	195593.00	25.00
062E0266	223613.00	192668.00	79.00
062E0269	223742.00	189108.00	78.00
062E0272	220809.00	196448.00	74.00
062W0310	217219.00	193456.00	65.00
063W0212	226180.00	192024.00	82.00
063W0215	233425.00	192709.00	87.00
076E0288	208233.00	179257.00	35.00
076E0303	205910.00	184490.00	22.00
076E0304	202500.00	182050.00	24.00
076W0285	197770.00	185935.00	35.00

BGDNR	X	Y	Z
076W0287	196871.00	179705.00	58.00
076W0306	195494.00	186576.00	18.00
076W0327	196524.00	187034.00	20.00
077E0309	219642.00	182312.00	34.00
077W0378	212989.00	186359.00	30.00
077W0379	217075.00	182035.00	30.00
078W0362	228395.00	183180.00	60.00
078W0363	228692.00	186489.00	77.00
078W0370	230315.00	184390.00	70.00
090E0748	187175.00	176415.00	63.00
090E0749	190210.00	174895.00	68.00
090W1158	183150.00	175640.00	53.00
091E0406	206687.00	176122.00	39.00
093W0627/3	226488.00	169040.00	99.00
001E0071	156662.00	238672.00	15.00
007E0195	175700.00	236880.00	16.00
007E0200	174617.00	228569.00	26.92
008E0159	190700.00	231900.00	32.00
014E0240	142240.00	224444.00	8.03
015E0267	161725.00	224500.00	25.56
015E0298/1	160165.00	227700.00	25.51
017E0398	190600.00	221400.00	21.00
017W0265	181938.00	225856.00	33.89
025E0123	107615.00	215180.00	3.50
026E0093	128900.00	214430.00	3.03
026E0111	128880.00	214425.00	3.00
027E0213	142950.00	212750.00	6.00
027W0137	136578.00	210721.00	7.00
028E0725	155600.00	212100.00	5.00
030W0371	182667.00	212654.00	16.00
041W0168	121395.00	204690.00	4.37
042W0361	134750.00	207150.00	17.00
042W0362	132653.00	203015.00	24.00
042W0365	134739.00	205061.00	22.00
043E0210	156020.00	200694.00	20.00
043W0301	152249.00	200614.00	25.00
043W0326	152900.00	205475.00	10.00
058E0409	159384.00	194548.00	7.00

### Bijlage 3: Dataset uitbreiding VMM-Water meetnet-1

<b>BGDNR</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
011E0149	80410.00	220325.00	3.00
011E0151	79247.00	228156.00	6.00
013W0023	99634.00	219231.00	5.00
014E0325	139952.00	224556.00	4.00
014W0033	133224.00	218468.00	5.00
015W0297	150550.00	222655.00	3.00
016W0302	169047.00	221829.00	32.00
017W0335	183057.00	219988.00	20.00
027W0181	130596.00	209100.00	9.00
027W0182	136890.00	217532.00	3.00
029W0499	163722.00	216014.00	11.00
041E0285	129626.00	201922.00	30.00
044W0307	163620.00	206993.00	13.00
045E0476	186409.00	204300.00	27.00
046W0388	194861.00	205033.00	20.00
046W0389	200001.00	203296.00	24.00
056W0202	117867.00	197644.00	6.00
060E0289	189384.00	196607.00	15.00
060E0292	189271.00	190520.00	18.00
061E0358	203702.00	195126.00	25.00
061E0362	205486.00	191169.00	50.00
062W0411	217722.00	190541.00	41.00
072E0229	142914.00	180915.00	67.00
073W0394	147656.00	181650.00	51.00
074E0184	177333.00	182788.00	20.00
077W0419	209995.00	180165.00	27.00
078E0262	241540.00	178806.00	50.00
078W0435	226695.00	182627.00	50.00
090E0794	188763.00	177376.00	71.00
090E0798	192918.00	171428.00	54.00
090W1267	183106.00	172384.00	84.00
091E0455	207892.00	176983.00	51.00
092W0470	217161.00	177451.00	55.00
092W0471	214963.00	170950.00	57.00

## **Professional Papers of the Geological Survey of Belgium**

The series, which started in 1966, welcomes papers dealing with all aspects of the earth sciences, with a particular emphasis on the regional geology of Belgium and adjacent areas. Detailed geological observations are accepted if they are interpreted and integrated in the local geological framework (e.g. boreholes, geological sections, geochemical analyses, etc.). Submitted papers written in English, French, Dutch or German should present the results of original studies. Members of the Geological Survey of Belgium or external reviewers will review each paper.

Editor Geological Survey of Belgium  
Jenner str. 13  
B-1000 Brussels  
Belgium

Editorial board Léon Dejonghe  
Michiel Duser

Guide for authors: see website Geologica Belgica  
<http://www.ulg.ac.be/geolsed/GB>

List of publications and conditions of sale: see website Geological Survey of Belgium  
[http://www.naturalsciences.be/institute/structure/geology/gsb\\_website/products/pp](http://www.naturalsciences.be/institute/structure/geology/gsb_website/products/pp)  
or website Royal Belgian Institute of Natural Sciences  
<http://www.natuurwetenschappen.be/common/pdf/science/publications/Cata/index.html>

ISSN XXXX-XXXX

© Geological Survey of Belgium

Impression: Service public fédéral  
Economie, P.M.E., Classes moyennes et  
Energie

Drukwerk: Federale Overheidsdienst  
Economie, K.M.O., Middenstand en Energie

“The Geological Survey of Belgium cannot be held responsible for the accuracy of the contents, the opinions given and the statements made in the articles published in this series, the responsibility resting with the authors.”