

Van

Denise Maljers, Wim Dubelaar, Jan Stafleu, Freek Busschers, Roula Dambrink en Jeroen Schokker

Onderwerp

Modellerwerkwijze GeoTOP modelgebied Oostelijke Wadden en aandachtspunten GeoTOP versie 1.3, stand 11 maart 2016

Energie

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56

F +31 88 866 44 75

Datum

11 maart 2016

Onze referentie

060.21052/01.06-11V

E-mail

denise.maljers@tno.nl

Doorkiesnummer

+31 88 866 48 84

1. Inleiding

Voor een duurzaam gebruik en beheer van de ondergrond van Nederland is kennis en informatieverstrekking over opbouw en eigenschappen van de bodemlagen van groot belang. De Geologische Dienst Nederland – TNO levert deze informatie in de vorm van modellen van de Nederlandse ondergrond. Basisgegevens voor deze modellen zijn de honderdduizenden booronderzoeken en sonderingen die zijn opgeslagen in de DINO database. Deze gegevens worden aangevuld met beschikbare kennis om een zo waarheidsgetrouwe weergave te maken van de ondergrond.

De modellen voorspellen het voorkomen van grondsoorten, zoals zand, klei en veen en de geometrie van deze grondsoorten in de bodem. De modellen dienen onder meer als basis voor grondwateronderzoeken en voor studies naar zetting en daling van de bodem. Ook dragen de modellen bij aan het inzicht in de geologische ontwikkeling van Nederland en zijn het bouwstenen voor verder toegepast wetenschappelijk onderzoek.

Voor de ondiepe ondergrond, die reikt tot een diepte van circa 500 meter, heeft de Geologische Dienst Nederland – TNO een aantal modellen ontwikkeld. Drie van deze ondergrondmodellen, het Digitaal Geologisch Model (DGM), het Hydrogeologisch model (REGIS II) en het model GeoTOP worden gratis via www.dinoloket.nl aan alle belangstellenden ter beschikking gesteld. DGM en REGISII zijn zogenoemde lagenmodellen gebaseerd op een selectie van boringen uit de DINO database met een bereik tot ongeveer 500 meter. GeoTOP is een voxelmodel en is gebaseerd op alle boringen uit de DINO database en waar mogelijk aangevuld met boringen van buiten de database. GeoTOP schematiseert de ondiepe ondergrond in miljoenen voxels met een afmeting van 100 bij 100 bij 0.5 m (in de x-, y- en z-richting) tot een diepte van 50 m beneden NAP (Stafleu et al., 2011, 2012). Aan het model hangen de volgende attributen, lithostratigrafie (tot welke geologische eenheid behoort een voxel), lithologie (de meest waarschijnlijke lithoklasse), kansen op lithoklasse, modelonzekerheid van de geologische eenheid en modelonzekerheid van de lithoklasse.

GeoTOP wordt per modelgebied gemaakt. Deze modelgebieden komen ongeveer overeen met de provincies. Uiteindelijk zal GeoTOP landsdekkend worden.

Met de toevoeging van modelgebied Oostelijke Wadden aan de bestaande modelgebieden, Zeeland, Zuid-Holland, Noord-Holland, Rivierengebied en Westelijke Wadden, is GeoTOP versie 1.3 ontstaan (Figuur 1). De al bestaande modelgebieden zijn in deze versie niet aangepast ten opzichte van versie 1.2.

De onderliggende notitie behandelt het GeoTOP modelgebied Oostelijke wadden, de kenmerken van het model, de gevolgde modelleermethodiek, en de aandachtspunten die na controle van het modelgebied Oostelijke Wadden naar voren zijn gekomen. Daarnaast worden de terugmeldingen gerapporteerd die binnen zijn gekomen voor GeoTOP v1.2 die nog gelden voor GeoTOP v1.3.

Datum

11 maart 2016

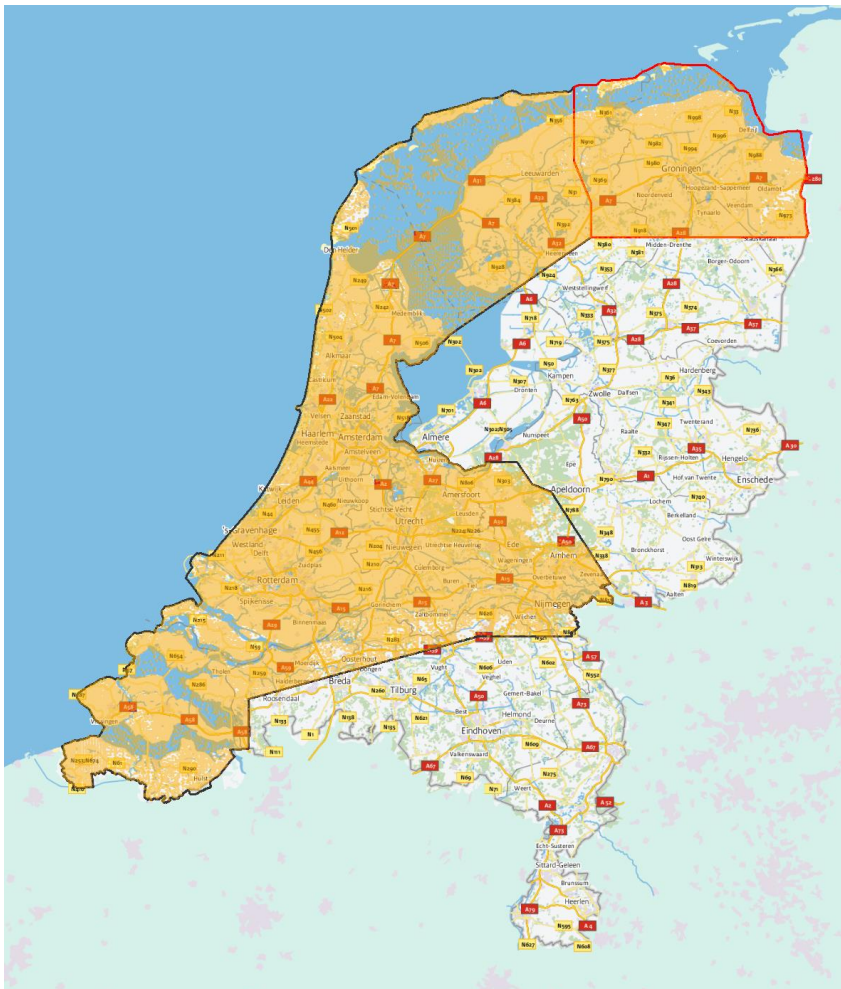
Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

2/39

Een uitgebreide beschrijving van de GeoTOP methodiek is te vinden in Stafleu et al. 2013 (TNO rapport GeoTOP modellering) en in de productspecificatie GeoTOP (Stafleu et al. 2016). Daarnaast is er een toelichting beschikbaar over de gebruikte lithostratigrafische eenheden per gebied (Matrix van de modelgebieden versus de lithostratigrafische eenheden). Deze notitie vormt een aanvulling op deze eerder verschenen documenten. Alle documenten zijn te vinden op DINOloket.



Figuur 1. Dekkingsgebied GeoTOP versie 1.3. Het modelgebied Oostelijke Wadden is in rood weergegeven.

Datum

11 maart 2016

Onze referentie

060.21052/01.06-1IV

Blad

3/39

2. GeoTOP Oostelijke Wadden

2.1 Model karakteristieken

GeoTOP Oostelijke Wadden schematiseert de ondiepe ondergrond in ~42,6 miljoen voxels. Elke voxel heeft daarbij de volgende attributen:

- Lithostratigrafische eenheid
- Meest waarschijnlijke lithoklasse
- Kans op lithoklasse
- Modelonzekerheid geologische eenheid
- Modelonzekerheid lithoklasse

Het model wordt in het oosten begrensd door de Nederlands-Duitse grens, in het noorden door de Noordzee, in het westen door het GeoTOP modelgebied Westelijke Wadden en in het zuiden door een oost-west verlopende grens op RD Y-coördinaat 558.000 m. De oppervlakte van het gebied is 4185,35 km².

De top van het model wordt gevormd door een combinatie van maaiveld- en waterbodemoogtes. Het landoppervlak varieert van -2 m NAP in de door de mens beïnvloede laag liggende gebieden, tot + 12 m NAP op Schiermonnikoog en + 20 m NAP op de Hondsrug. De maximale waterdiepte is -25 m NAP in de Waddenzee, daarnaast is er een zandwinning welke tot -45 m NAP gaat. De modelbasis is vastgezet op -50 m NAP.

2.2 Model versie

Met de publicatie van het modelgebied Oostelijke Wadden is de huidige versie van GeoTOP versie 1.3 geworden.

2.3 Data

De belangrijkste databron voor GeoTOP is DINO, de nationale databank waarin gegevens van de ondergrond worden opgeslagen, welke beheerd wordt door TNO - Geologische Dienst Nederland. Voor de constructie van het Oostelijke Wadden model zijn ongeveer 44.000 boringen gebruikt. Deze boringen zijn opgeslagen met een uniform coderingssysteem (SBB 5.1; Bosch, 2000).

Een groot deel van de data is afkomstig van de 1:50.000 kartering van de Rijks Geologische Dienst; deze boringen dateren uit de periode ca.1950-1997. De overige data zijn afkomstig van NITG, Geologische Dienst Nederland - TNO en externe partijen zoals waterwinbedrijven en gemeenten. Doordat een groot deel van de data bestaat uit met de hand gezette, ondiepe (tot ca. 8 m) boringen, neemt de boordichtheid sterk af met toenemende diepte (Figuur 2 tot en met 7).

Datum

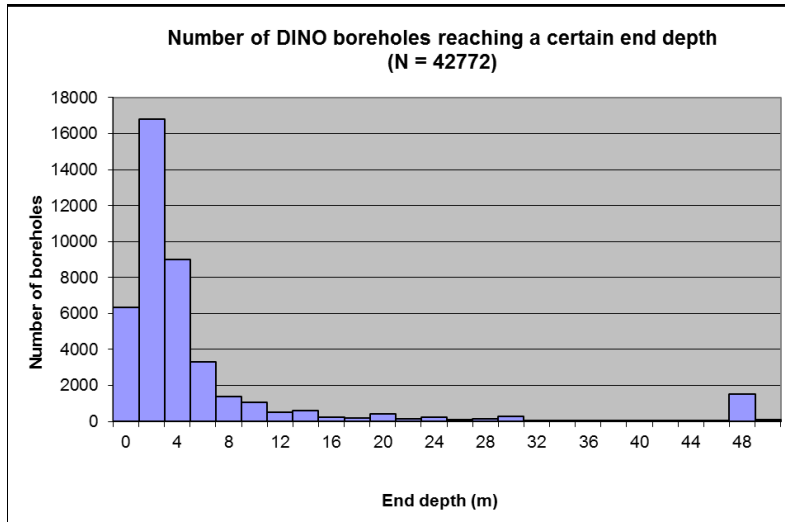
11 maart 2016

Onze referentie

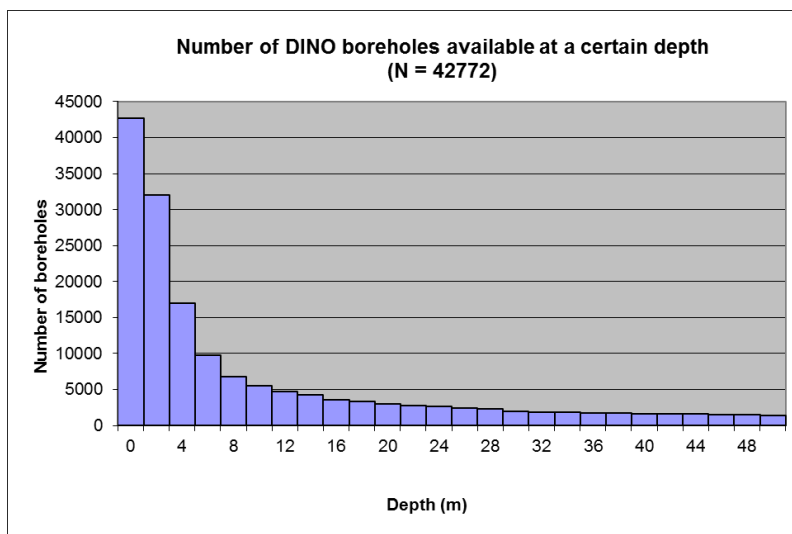
060.21052/01.06-1IV

Blad

4/39



Figuur 2. Aantal DINO boringen binnen Oostelijke Wadden die een bepaalde einddiepte bereiken.



Figuur 3. Aantal DINO boringen binnen Oostelijke Wadden die nog op een bepaalde diepte beschikbaar zijn.

Datum

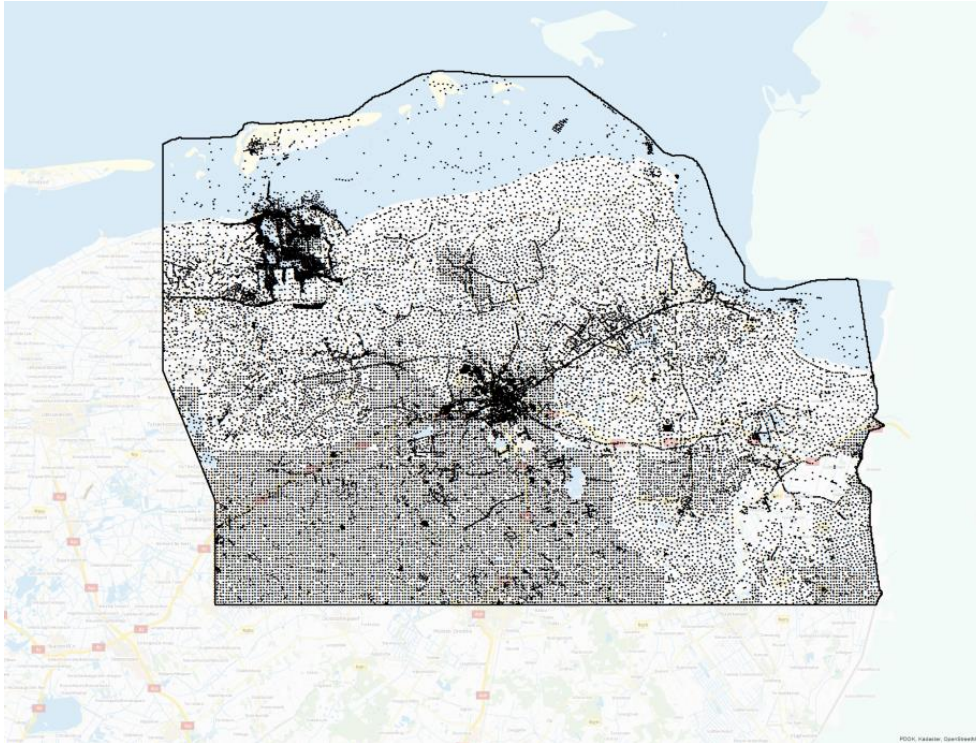
11 maart 2016

Onze referentie

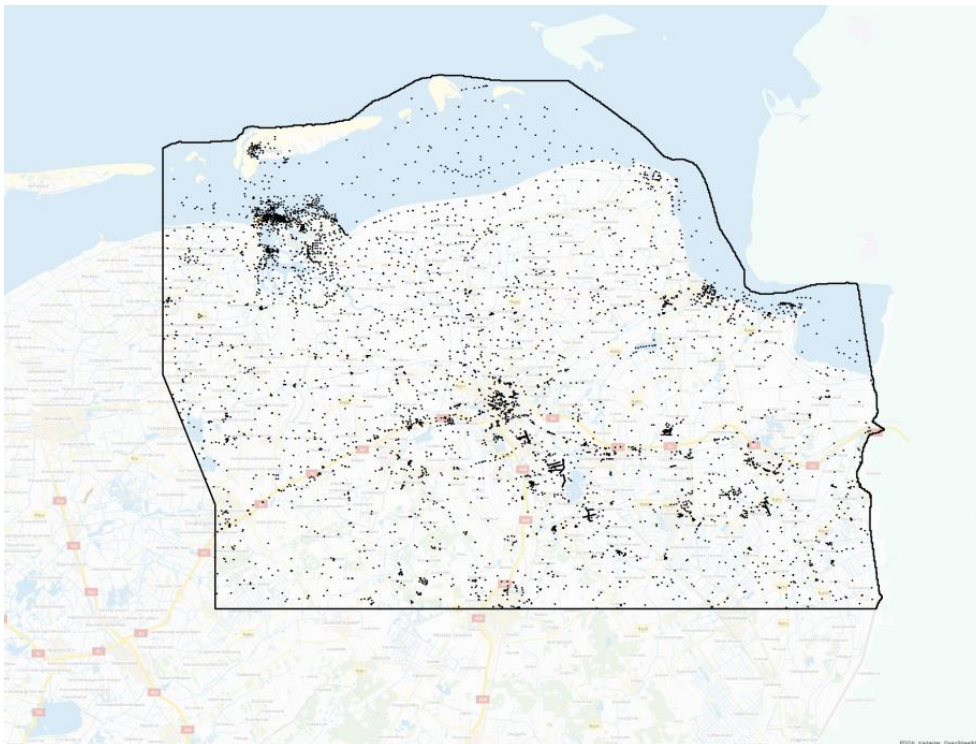
060.21052/01.06-1IV

Blad

5/39



Figuur 4. Ligging van alle DINO boringen binnen het modelgebied Oostelijke Wadden



Figuur 5. DINO boringen binnen Oostelijke Wadden op 10 m onder maaiveld

Datum

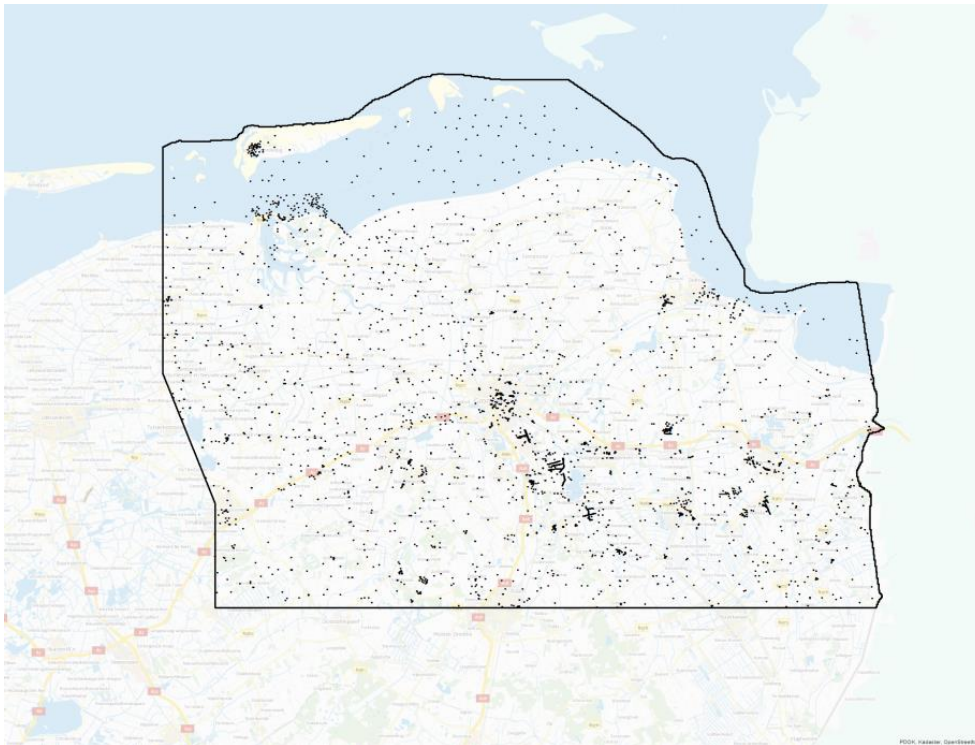
11 maart 2016

Onze referentie

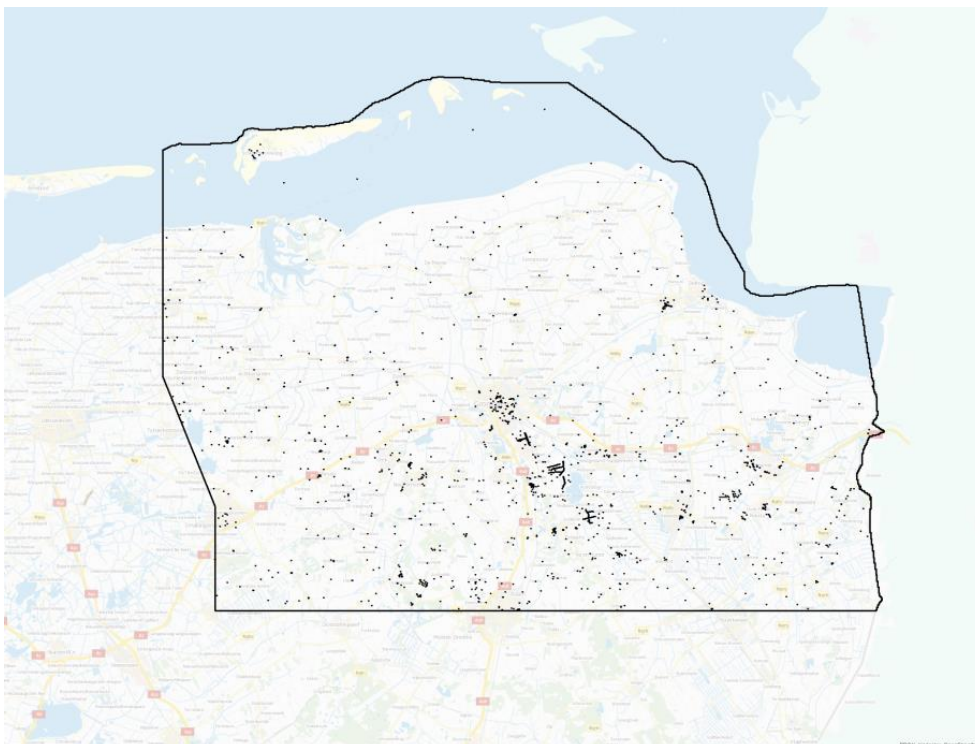
060.21052/01.06-1IV

Blad

6/39



Figuur 6. DINO boringen binnen Oostelijke Wadden op 20 m onder maaiveld



Figuur 7. DINO boringen binnen Oostelijke Wadden op 50 m onder maaiveld

Datum

11 maart 2016

Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

7/39

De gebruikte boringen voor het GeoTOP modelgebied Oostelijke Wadden zijn in augustus 2014 geëxtraheerd uit de DINO database. Vervolgens zijn in juni 2015 nogmaals de boorbeschrijvingsintervallen en kopgegevens die behoren bij de set boringen uit 2014, uit de database geëxtraheerd.

De top van het Oostelijke Wadden model is afgeleid van het 5 bij 5 m AHN2 (Actueel Hoogtebestand Nederland; www.ahn.nl). De originele bestanden van 5 bij 6.25 km zijn door de GDN samengevoegd tot één bestand, dat vervolgens is opgeschaald naar 100 bij 100 m. De waterbodemoogtes van rivieren, kanalen, de Eemshaven en de Waddenzee zijn afkomstig van bathymetrische opnames.

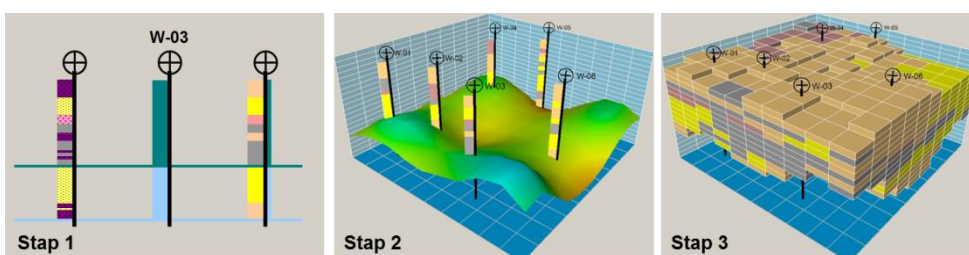
De laagvlakken van het DGM model (versie 2.2; www.dinoloket.nl; Gunnink et al. 2013) zijn gebruikt om de potentiële verbreiding van eenheden te bepalen, en zijn binnen de modellering als trendvlakken gebruikt.

Andere databronnen zijn de bodemkaart 1:50.000 en de geomorfologische kaart 1:50.000, beide afkomstig van Alterra Wageningen UR. Deze kaarten zijn gebruikt om de potentiële verbreidingen te bepalen van eenheden aan of nabij het oppervlak. De verbreiding van de antropogene afzettingen is afgeleid uit het LGN5 bestand (Landelijk Grondgebruik Nederland; resolutie van 25 bij 25 m), ontwikkeld en onderhouden door Alterra Wageningen UR.

Voor de keileem (Formatie van Drente, Laagpakket van Gieten, zie Tabel 1) is gebruik gemaakt van de resultaten van de zogenoemde MIPWA studie (Vernes et al. 2013) voor zowel de potentiële verbreiding als de bepaling van de top en basis van dit pakket in de boringen.

2.4 Modelleer methode

De modelleer methode wordt schematisch voorgesteld in Figuur 8.



Figuur 8. De belangrijkste stappen in de modelleerprocedure van GeoTOP. Stap 1 – Interpretatie van boringen in geologische eenheden en lithoklassen; Stap 2 – 2D interpolatie van basisvlakken van de geologische eenheden; Stap 3 – 3D interpolatie van lithoklassen binnen de gemodelleerde geologische eenheden.

De eerste stap is de interpretatie van de boringen in geologische eenheden, welke uniforme sedimentkarakteristieken hebben, met behulp van lithostratigrafische en lithologische kenmerken. Vervolgens worden de lithostratigrafische interpretaties gebruikt in de tweede stap om 2D vlakken te berekenen van de basis van de eenheden. Door de berekende basisvlakken te stapelen ontstaat een lagenmodel.

Uit dit lagenmodel kunnen vervolgens ook topvlakken en diktes berekend worden. De top- en basisvlakken vormen vervolgens het raamwerk waarbinnen van elke voxel bekend is in welke eenheid deze ligt. Tot slot worden de lithoklassen uit de boringen gebruikt om binnen elke eenheid een 3D stochastische interpolatie van de lithoklassen (klei, zand, zandige klei en kleiig zand, veen), en waar mogelijk met een nadere detaillering naar zandklasse, uit te voeren, resulterend in een 3D geologisch model.

Het gebruik van de stochastische technieken Sequentiële Gaussische Simulatie en Sequentiële Indicator Simulatie biedt de mogelijkheid om kansen te berekenen; de kans op een eenheid en de kans op een lithoklasse, waarmee een maat voor de modelonzekerheid gegeven wordt.

Daarnaast wordt de modelonzekerheid, voor zowel de geologische eenheden, als voor de lithoklassen, berekend volgens het informatie-entropie principe (Wellmann & Regenauer-Lieb, 2012). De resulterende modelonzekerheden hebben waardes tussen 0 en 1, waarbij een waarde van 0 betekent dat er geen onzekerheid is en een waarde van 1 een hoge onzekerheid betekent.

Hieronder wordt een meer gedetailleerde beschrijving gegeven van de stappen.

2.4.1 Lithostratigrafische interpretatie van boringen

De eerste stap in het lithostratigrafisch interpreteren van boringen is het vaststellen van de eenheden die gemodelleerd gaan worden. Dit gebeurt door gebruikmakend van geologische kennis te bepalen of een eenheid “modelleerbaar” is. Zo is er in Oostelijke Wadden voor gekozen om de zogenoemde potklei (onderdeel van de Formatie van Peelo) niet als eenheid mee te nemen, omdat de datadichtheid in de Formatie van Peelo laag is, en omdat de potklei op verschillende niveaus voorkomt die daardoor moeilijk in één eenheid zijn onder te brengen.

De eenheden die gemodelleerd zijn in Oostelijke Wadden staan in Tabel 1.

Zoals te zien is in Tabel 1 zijn er enkele modeleenheden die niet formeel gedefinieerd zijn in de Lithostratigrafische Nomenclator van de ondiepe ondergrond (Weerts et al., 2000, De Mulder et al., 2003), te weten de NINB, BXS11 en BXS12. Hieronder zullen deze eenheden kort gedefinieerd worden.

De modeleenheid Nij Beets (NINB) van de Formatie van Nieuwkoop is gedefinieerd als het aaneengesloten kustveen pakket dat voorkomt tussen de uiterste landwaartse verbreding van de Formatie van Naaldwijk en het Pleistocene hoog van het Drents Plateau in Noord Nederland. Het veen ligt direct op Pleistocene afzettingen (veelal BX, DR, DRGI) en bestaat uit laagveen. De begrenzing met de Formatie van Naaldwijk is getrokken op basis van uiterste voorkomen van het mariene kleidek, alhoewel er langs de overgangszone op het veen nog fragmentarisch een dunne klei kan voorkomen op het veen. De begrenzing met de beekdalen is morfologisch bepaald, waarbij gebruik is gemaakt van de nul NAP lijn uit het maaiveldhoogtebestand. Lokaal kan er op het veen een (veelal) zandige antropogene laag aanwezig zijn. De eenheid kan lateraal overgaan in de Basisveen Laag (NIBA) en plaatselijk het Hollandveen Laagpakket (NIHO). De modeleenheid NINB is onderscheiden van de NIBA en NIHO aangezien de stratigrafische positie van het veen (geen klastisch Holoceen pakket

Datum

11 maart 2016

Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

8/39

er onder of erboven), anders is dan die van de NIBA (bedekt door de Formatie van Naaldwijk of andere eenheden) en de NIHO (ingebod in de Formatie van Naaldwijk).

Datum

11 maart 2016

Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

9/39

De modeleenheid Singraven 1 (BXS11) van de Formatie van Boxtel is gedefinieerd als het veen- en kleipakket dat binnen het morfologisch bereik van de Pleistocene en Holocene beekdalen voorkomt op zand van modeleenheid Singraven 2 (BXS12), het Laagpakket van Wierden (BXWI) of op oudere afzettingen langs de flanken van het beekdal. Het veen en de klei is grotendeel van Holocene ouderdom; lokaal is ook veen van Laat Glaciale ouderdom in de eenheid aanwezig. De begrenzing met de hoogvenen van de NIGR (Formatie van Nieuwkoop, laagpakket van Griendtsveen) buiten de beekdalen van het Drents plateau is morfologisch bepaald, waarbij gebruik is gemaakt van de Geomorfologische Kaart Nederland (Koomen & Maas, 2004).

De modeleenheid Singraven 2 (BXS12) van de Formatie van Boxtel bevat al het Holocene en Pleistocene beekdalzand in het gebied van het Drents Plateau en een deel van de Waddenzee. Over het algemeen wordt de eenheid bedekt door de BXWI alhoewel deze laatste eenheid op plaatsen van latere Holocene geulactiviteit is geërodeerd. In de Waddenzee is de eenheid onderscheiden tot aan de noordwestelijke voortzetting van het Hunzedal systeem.

Door de grens die gelegd is tussen de BXS12 en de BX ongedifferentieerd en de onafhankelijke modellering van deze twee eenheden, is er op de aansluiting tussen deze twee eenheden een artificiële overgang gecreëerd zowel in geometrie als in lithoklasse-invulling. De grens is met name zichtbaar ten noordwesten van de stad Groningen, zie ook de aandachtspunten.

Tabel 1. Modeleenheden in GeoTOP Oostelijke Wadden. Eenheden aangegeven met * zijn niet formeel gedefinieerd in de Lithostratigrafische Nomenclator van de ondiepe ondergrond.

Nummer	Code	Eenheid	Afzettingsmilieu	Samenstelling	Automatisch geïnterpreteerd
1000	AAOP	Antropogene afzettingen	Antropogeen	Zand en klei, afval	Ja
3000	BXKO	Fm. van Boxtel, Lp. van Kootwijk	Eolisch (stuifzanden)	Zand	Ja
1010	NIGR	Fm. van Nieuwkoop, Lp. van Griendtsveen	Moeras	Veen	Ja
1020	NASC	Fm. van Naaldwijk, Lp. van Schoorl	Eolisch (kustduinen)	Zand	Ja
1040	NAZA	Fm. van Naaldwijk, Lp. van Zandvoort	Strand en vooroever	Zand	Ja
1045	NINB (*)	Fm. van Nieuwkoop, modeleenheid Nij Beets	Moeras	Veen en klei	Ja

Datum

11 maart 2016

Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

10/39

Nummer	Code	Eenheid	Afzettingsmilieu	Samenstelling	Automatisch geïnterpreteerd
3011	BXSI1 (*)	Fm. van Boxtel, modeleenheid Singraven 1 (bovenste deel)	Moeras	Veen en klei	Ja
2000	NA	Fm. van Naaldwijk, geen onderscheid tussen Lp. van Wormer en Lp. van Walcheren	Getijden, ongedifferentieerd	Zand en klei	Ja
1050	NAWA	Fm. van Naaldwijk, Lp. van Walcheren	Getijden, bovenste eenheid	Zand en klei	Ja
1090	NIHO	Fm. van Nieuwkoop, Hollandveen Lp.	Moeras	Veen	Ja
1100	NAWO	Fm. van Naaldwijk, Lp. van Wormer	Getijden, onderste eenheid	Klei en zand	Ja
1130	NIBA	Fm. van Nieuwkoop, Basisveen laag	Moeras	Veen	Ja
3020	BXWI	Fm. van Boxtel, Lp. van Wierden	Eolisch (dekzanden)	Zand	Ja
3012	BXSI2 (*)	Fm. van Boxtel, modeleenheid Singraven 2 (onderste deel)	Beek	Zand en klei	Ja
3100	BX	Fm. van Boxtel ongedifferentieerd	Fluviatiel (locale rivieren)	Zand en leem	Nee
4110	EE	Eem Fm.	Ondiep marien / kustvlakte	Zand en klei	Nee
5000	DR	Fm. van Drente	Glaciaal	Grof zand en klei	Nee
5010	DRGI	Fm. van Drente, Lp. van Gieten	Glaciaal	Keileem	Ja
5030	DN	Fm. van Drachten	Eolisch en lokale rivieren / meren	Zand	Nee
5040	URTY	Fm. van Urk, Lp. van Tynje	Fluviatiel (Rijn)	Zand	Nee
5050	PE	Fm. van Peelo	Subglaciaal, proglaciaal en smeltwater	Zand en klei	Nee
5060	UR	Fm. van Urk	Fluviatiel (Rijn)	Zand	Nee
5080	AP	Fm. van Appelscha	Fluviatiel (oostelijke rivieren)	Zand	Nee

Nummer	Code	Eenheid	Afzettingsmilieu	Samenstelling	Automatisch geïnterpreteerd
5120	PZWA	Fm. van Peize en Fm. van Waalre (Peize in Oostelijke Wadden)	Fluviatiel (Eridanos) en kustvlakte	Zand	Nee

Datum

11 maart 2016

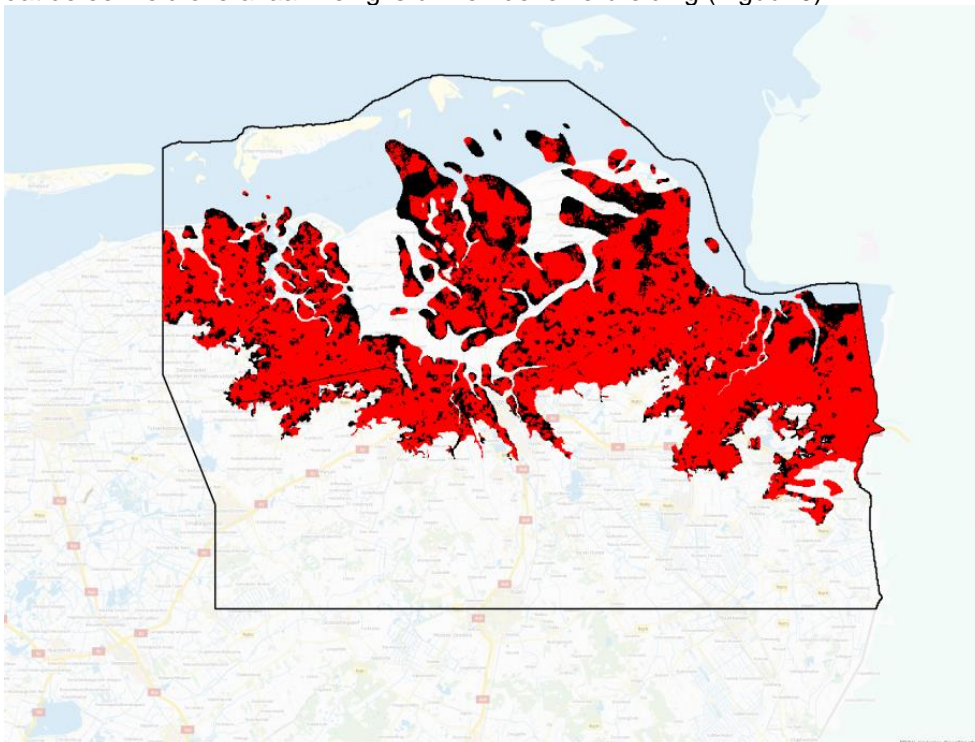
Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

11/39

Voor elke van de bovengenoemde eenheden zijn potentiële verbreidingen gemaakt, zie Figuur 9. Een potentiële verbreiding geeft aan dat in het model een eenheid nooit buiten deze verbreiding kan voorkomen. Het betekent evenwel niet dat de eenheid overal aanwezig is binnen deze verbreiding (Figuur 9).



Figuur 9. In zwart is de potentiële verbreiding van het Basisveen weergegeven, in rood de actuele verbreiding die vastgesteld wordt na de lagenmodellering.

Vervolgens zijn automatische procedures ontwikkeld (in de programmeertaal Python) om vastgestelde criteria voor een eenheid binnen de potentiële verbreiding van die eenheid toe te passen op de boorbeschrijvingen. Als intervallen in een boorbeschrijving voldoen aan deze criteria dan behoren deze intervallen tot die eenheid. Hieronder volgt een voorbeeld van de, in dit geval eenvoudige, criteria die zijn opgesteld om de modeleenheid Nij Beets van de Fm. van Nieuwkoop te interpreteren.

- De boorintervallen worden doorlopen door van de top (maaiveld) naar de basis van een boring te werken;
- Als het Lp. van Gieten is aangetroffen in een boring, dan moet de basis van het interval boven de top van het Lp. van Gieten liggen;
- De basis van het interval moet boven de -10 m NAP liggen;

- De top van het bovenste interval wat voldoet aan de criteria moet binnen 0.75 m van het maaiveld liggen;
- De hoofdlithologie van het interval is "V" (veen), "GY" (gyttja) of "K" (klei);
- Er mogen lagen met een afwijkende lithologie in de sequentie voorkomen, maar het totaal ervan mag niet dikker worden dan 0.2 m.

Datum

11 maart 2016

Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

12/39

Uit bovenstaand voorbeeld wordt duidelijk dat er afhankelijkheden zijn, zo is de interpretatie van de modelleenheid Nij Beets afhankelijk van de interpretatie van het Lp. van Gieten. Dit betekent dat de volgorde waarin de automatische procedures gedraaid worden van belang is.

De automatische procedures leveren een set boringen op waarin een top en een basis van een eenheid zijn geïnterpreteerd. Deze boringen worden vervolgens samen met de potentiële verbreiding op een kaart gezet om eventuele noodzakelijke aanpassingen van de verbreiding en/of de criteria inzichtelijk te maken. Dit maakt het automatisch interpreteren van boringen en het maken van de potentiële verbreidingen een iteratief proces.

In tabel 1, in de kolom "Automatisch geïnterpreteerd", is te zien welke eenheden volgens bovenstaande procedure zijn geïnterpreteerd.

De overige eenheden, weergegeven met een "Nee" in Tabel 1 – Automatisch geïnterpreteerd, worden door een andere procedure bepaald. Hierbij wordt de interpretatie afgeleid uit het DGM model. In deze relatief eenvoudige procedure worden de boringen gesneden met de top en basis grids van de eenheden uit het DGM model. Voor elke boring wordt bepaald of en waar een eenheid voorkomt. Hierna wordt de top van een boorinterval dat het dichtst bij het top grid van een DGM eenheid ligt als top van een eenheid beschouwd. Vervolgens wordt dezelfde procedure toegepast voor de basis van een eenheid. Deze eenvoudige methode zorgt ervoor dat de stratigrafische opeenvolging in een boring overeenkomt met die in het DGM model. Hierbij moet opgemerkt worden dat het DGM model op een beperkte selectie van boringen gebaseerd is. Boringen die niet gebruikt zijn bij de constructie van DGM kunnen door bovenstaande procedure (het snijden met DGM) een interpretatie krijgen die afwijkt van de bestaande handmatige interpretatie (Figuur 10). Boringen die zowel automatisch als niet-automatisch geïnterpreteerd zijn hebben daarom, als gevolg van de gevolgde procedure, een afnemende interpretatie-kwaliteit met toenemende diepte. Er wordt namelijk geen extra geologische kennis toegevoegd aan de niet-automatisch geïnterpreteerde boorintervallen. In paragraaf 3.1 illustreren de bevindingen met volgnummer 87, 97, 108, 111, 114, 117, 123 en 124 het bovenstaande.

Datum

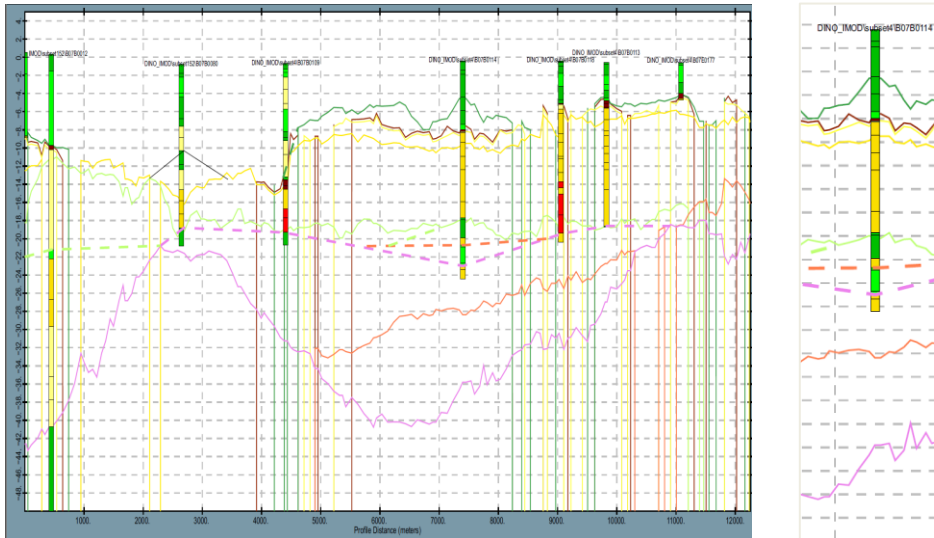
11 maart 2016

Onze referentie

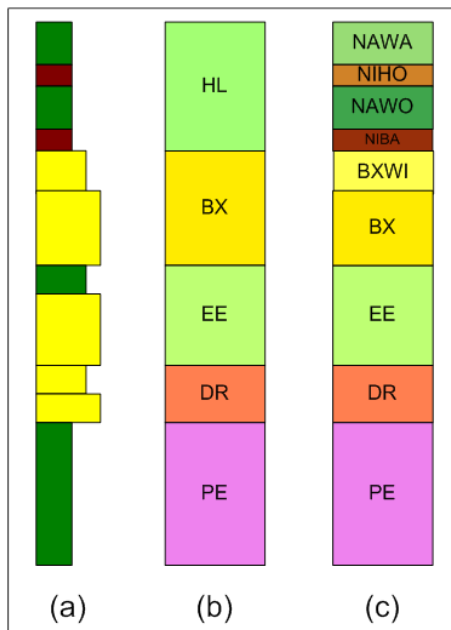
060.21052/01.06-11V

Blad

13/39



Figuur 10 Links; Profiel van west naar oost ten noorden van de stad Groningen. De boringen laten lithologie zien. De doorgetrokken lijnen zijn het lagenmodel van GeoTOP. De gestippelde lijnen vormen de handmatige interpretatie. De paarse lijnen, zowel de doorgetrokken als de gestippelde, laten de top van de Formatie van Peelo zien. De oranje lijnen, zowel de doorgetrokken als de gestippelde, laten de top van de Formatie van Drente zien. Rechts; detail uit het profiel. Boring B07B0114 laat een afwijking in de top van de Formatie van Peelo zien van ca. 13 meter tussen handmatige interpretatie en het GeoTOP lagenmodel (zie ook bevinding 108).



Figuur 11. (a) Boorbeschrijving met klei in groen, veen in bruin en zand in geel; (b) interpretatie van de boring door te snijden met het DGM model; (c) gecombineerde interpretatie van het DGM-snijden proces (BX, EE, DR, PE) en het interpreteren door de automatische procedures (NAWA, NIHO, NAWO, NIBA, BXWI). In dit voorbeeld wordt de BX, bepaald met de 'DGM snijden methode', deels overschreven door de interpretatie van de BXWI. Het voorbeeld is afkomstig van een boring in Groningen (gebaseerd op Stafleu et al. 2012).

Datum

11 maart 2016

Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

14/39

Tot slot worden zowel de automatisch geïnterpreteerde boorintervallen als de intervallen die afgeleid zijn uit het snijden met DGM samengevoegd. Dit resulteert in een volledig geïnterpreteerde boorbeschrijving (Figuur 11).

2.4.2 Lithologische indeling van boringen

De belangrijkste attributen die gebruikt worden in de modellering zijn de top en basis van de lithologische intervallen, hoofd lithologie, bijmengingen van zand, silt en klei, zandmediaan en de aanwezigheid van schelpen. Elk boorbeschrijvingsinterval heeft op basis van deze attributen een lithoklasse gekregen, en de zandige intervallen hebben waar mogelijk ook een zandmediaan klasse gekregen. De antropogene afzettingen zijn samengenomen in een aparte lithoklasse. De lithoklasse-indeling (Tabel 2) is die welke ook gebruikt wordt in het hydrogeologische model REGIS II (Vernes & Van Doorn, 2005). Daarmee zijn de resulterende lithoklassen ook bruikbaar binnen grondwatermodelleringen.

Tabel 2. Lithoklassen zoals gebruikt in het GeoTOP modelgebied Oostelijke Wadden

Lithoklasse	Zandmediaan
Antropogene afzettingen	N/A
Organische afzettingen (veen)	N/A
Klei	N/A
Kleilig zand en zandige klei	N/A
Fijn zand	63 – 150 µm
Matig grof zand	150 – 300 µm
Grof zand, grind en schelpen	> 300 µm

2.4.3 2D modellering

Het berekenen van een trendvlak van de basis van een eenheid is de eerste stap in de 2D modellering. Dit trendvlak reflecteert de regionale variaties in de diepte van de basis. Het vlak heeft een gridcel grootte van 500 bij 500 m en wordt berekend door een 'ordinary kriging' uit te voeren waarbij een lineair variogram wordt gebruikt. In het geval van enkele eenheden die ook in het DGM model aanwezig zijn, is het resulterende basisvlak uit DGM van die eenheid gebruikt als trendvlak, te weten de BX ongedifferentieerd en de eenheden EE, DR, DN, URTY, PE, UR, AP en PZWA (zie ook Tabel 1).

In de tweede stap wordt de basis van elke eenheid in de boring vergeleken met het trendvlak. Het verschil tussen het trendvlak en de boring, het zogenoemde residu, laat zien of en in welke mate vlak en boring overeenkomen. Deze residuen worden vervolgens geïnterpoleerd met behulp van Sequentiële Gaussische Simulatie (SGS; Goovaerts, 1997; Chilès and Delfiner, 2012). Een eenvoudige 'block kriging' is gebruikt, waarbij het model-gemiddelde op 0 is gezet. SGS schat de residu-waarde op een locatie gegeven de punten in een cirkelvormige

zoekstraal en een variogram dat de ruimtelijke correlatie beschrijft. Het gebruikte variogram-model zorgt ervoor dat punten die de hoogste correlatie hebben met de te schatten locatie het hoogste gewicht krijgen in de interpolatie.

We hebben gekozen om simulaties uit te voeren en niet een kriging, omdat we zo in staat waren om meerdere, even waarschijnlijke, lithostratigrafische modellen te maken. Uit deze simulaties worden onzekerheden berekend.

De simulaties zijn uitgevoerd in het software pakket Isatis® (www.geovariances.com) en resulteren in 100 verschillende realisaties van statistisch even waarschijnlijke residu-waardes. Uit deze realisaties is een gemiddeld residuvlak berekend met een gridcel grootte van 100 bij 100 m en een standaarddeviatie. Dit residuvlak is opgeteld bij het trendvlak, resulterend in een nieuw basisvlak, waarmee is verder gerekend. De standaarddeviatie is gebruikt om voor elke voxel de kans te bepalen dat deze in een bepaalde geologische eenheid ligt, waarmee een modelonzekerheid voor de geologische eenheden wordt gegeven. Deze kansen zijn vervolgens verwerkt volgens het 'informatie entropie principe' en leveren uiteindelijk de modelonzekerheid van de geologische eenheid op.

Voor het berekenen van de vlakken, zowel trendvlak als residuvlakken, zijn enkel die boringen meegenomen waar een eenheid is aangetroffen. Op plaatsen binnen de potentiële verbreiding van een eenheid waar boringen liggen waarin die eenheid niet aanwezig is, worden als gevolg van de huidige procedure wel vlakken gemodelleerd. Deze vlakken worden soms met het stapelen van het lagenmodel alsnog weggesneden, maar niet altijd. Op deze boorlocaties kan dit leiden tot afwijkingen tussen boorinterpretatie en het lagenmodel.

In de derde stap wordt een lagenmodel gecreëerd dat gebruik maakt van alle berekende basisvlakken van de stratigrafische opeenvolging en de afhankelijkheden van de eenheden. De topvlakken van de eenheden worden gedefinieerd door bovenliggende basisvlakken. Vervolgens is dit lagenmodel gebruikt om van elke voxel te bepalen in welke geologische eenheid deze ligt. Het middelpunt van een voxel moet tussen een top en een basis van een eenheid liggen om toegewezen te worden aan die eenheid.

Er zijn diverse beslissingen genomen tijdens het modellerenproces. Zo is er voor gekozen om de Basisveen Laag een minimale dikte van 0.3 m te geven, beneden de bovenliggende eenheden. Hiermee wordt voorkomen dat de laag tijdens het creëren van het lagenmodel weg wordt gesneden door de bovenliggende eenheden. Uitzonderingen en afwijkingen van de hierboven geschetste procedure zijn samengevat in Tabel 3.

Om het voor de gebruiker eenvoudiger te maken om een DGM vlak te vergelijken met de GeoTOP vlakken, of formaties te visualiseren i.p.v. alle afzonderlijke samenstellende laagpakketten, zijn er zogenaemde "omhullenden" gemaakt voor het gehele dekkingsgebied van GeoTOP v1.3. Dit zijn vlakken die alle laagpakketten binnen een formatie samennemen. Deze zijn gemaakt voor de Fm. van Bortel, de Fm. van Kreftenheye en de Fm. van Drenthe. Voor de Fm. van Bortel zijn samengenomen, de BX ongedifferentieerd, de modeleenheid

Datum

11 maart 2016

Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

15/39

Singraven 1, modeleenheid Singraven 2, Lp. van Kootwijk, Lp. van Wierden, de samengenomen eenheid BXWISIKO (gedefinieerd in GeoTOP modelgebied Rivierengebied bestaande uit het Lp. van Wierden, Lp. van Kootwijk en Lp. van Singraven) en Lp. van Schimmert. Voor de Fm. van Kreftenheye zijn dat het Lp. van Wychen en de Kreftenheye ongedifferentieerd en voor de Fm. van Drente zijn dat het Lp. van Gieten en de Drente ongedifferentieerd. Daarnaast zijn er een uit het lagenmodel afgeleid basis Holoceen vlak en een top Pleistoceen vlak. Al deze vlakken worden tezamen met het lagenmodel uitgeleverd via DINOloket.

Datum

11 maart 2016

Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

16/39

Tabel 3. Gemodelleerde geologische eenheden (modeleenheden) en de gebruikte trendvlakken (berekend of overgenomen uit DGM) en afwijkingen op het reguliere modelleerproces.

Eenheid	Trendvlak	Opmerkingen
Antropogene afzettingen	Berekend	Trendvlak en residuen zijn berekend voor de dikte van een eenheid i.p.v. de diepte van een eenheid. De diepte van de basis van de eenheid is berekend door de berekende dikte af te trekken van de maaiveldhoogte. Hiermee komt er een duidelijk verband tussen maaiveldhoogte en de antropogene afzettingen; er is een minimale dikte van 0.5 m toegepast.
Fm. van Boxtel, Lp. van Kootwijk	Berekend	
Fm. van Nieuwkoop, Lp. van Griendtsveen	Berekend	
Fm. van Naaldwijk Fm, Lp. van Schoorl	Berekend	
Fm. van Naaldwijk, Lp. van Zandvoort	Berekend	
Fm. van Nieuwkoop, modeleenheid Nij Beets	Berekend	Gemodelleerd als een vlak met "Fm. van Nieuwkoop, Basisveen Laag" en met "Fm. van Boxtel, modeleenheid Singraven 1 (bovenste deel)".
Fm. van Boxtel, modeleenheid Singraven 1 (bovenste deel)	Berekend	Gemodelleerd als een vlak met "Fm. van Nieuwkoop, Basisveen Laag en modeleenheid Nij Beets".
Fm. van Naaldwijk, geen onderscheid tussen Lp. van Wormer en Lp. van Walcheren	Berekend	Tweemaal gemodelleerd; een maal met "Fm. van Naaldwijk, Lp. van Wormer" en een maal met "Fm. van Naaldwijk, Lp. van Walcheren".
Fm. van Naaldwijk, Lp. van Walcheren	Berekend	Minimale dikte van 0.5 m toegepast op land.
Fm. van Nieuwkoop, Hollandveen Lp.	Berekend	
Fm. van Naaldwijk, Lp. van Wormer	Berekend	Gemodelleerd als een vlak met "Fm. van Naaldwijk, geen onderscheid tussen Lp. van Wormer en Lp. van Walcheren".
Fm. van Nieuwkoop, Basisveen laag	Berekend	Minimale dikte van 0.3 m toegepast .
Fm. van Boxtel, Lp. van Wierden	Berekend	
Fm. van Boxtel, modeleenheid Singraven 2 (onderste deel)	DGM	Gemodelleerd als een vlak met "Fm. van Boxtel ongedifferentieerd".

Datum

11 maart 2016

Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

17/39

Eenheid	Trendvlak	Opmerkingen
Fm. van Boxtel ongedifferentieerd	DGM	Gemodelleerd als een vlak met "Fm. van Boxtel, modeleenheid Singraven 2 (onderste deel)".
Eem Fm.	DGM	
Fm. van Drente	DGM	
Fm. van Drente, Lp. van Gieten	Berekend	Potentiële verbreiding en de procedure om top en basis van de eenheid te bepalen in de boringen is grotendeels gebaseerd op de resultaten van de zogenoemde MIPWA studie (Vernes et al., 2013).
Fm. van Drachten	DGM	
Fm. van Urk, Lp. van Tynje	DGM	
Fm. van Peelo	DGM	Er zijn geen residuen berekend, het basisvlak uit GeoTOP komt overeen met DGM.
Fm. van Urk	DGM	
Fm. van Appelscha	DGM	
Fm. van Peize en Fm. van Waalre (Peize in Oostelijke Wadden)	DGM	

2.4.4 3D modellering

De lithoklassen in de boringen worden gebruikt als input in een 3D stochastische simulatie procedure voor elke geologische eenheid. Hiervoor wordt Sequentiële Indicator Simulatie gebruikt (SIS; Goovaerts, 1997; Chilès & Delfiner, 2012) binnen de Isatis® modellersoftware. SIS, gebaseerd op het indicator kriging principe, is gebruikt omdat het een veel gebruikte methode is om klassen te simuleren, daarnaast is de rekentijd acceptabel en is het eenvoudig te implementeren (Goovaerts, 1997; Chilès & Delfiner, 2012). SIS schat voor elke voxel een lithoklasse gebruikmakend van omliggende datapunten en reeds gesimuleerde voxels binnen een geologische eenheid. SIS is toegepast op alle eenheden met uitzondering van de Antropogene afzettingen, welke een enkele lithoklasse hebben gekregen.

SIS werkt als volgt. Allereerst wordt de data naar het dichtstbijzijnde middelpunt van een voxel verplaatst (data weergegeven met een D in Figuur 12). Vervolgens worden de overige voxels volgens een random pad doorlopen. Om de te schatten voxel, aangegeven met een ? in Figuur 12, wordt een driedimensionale zoekstraal geplaatst. Binnen deze zoekstraal wordt gezocht naar voxels met data (D) en voxels die al gesimuleerd zijn (S). De gevonden datapunten (D en S) binnen de zoekstraal worden van een gewicht voorzien door een variogram model toe te passen, waarbij datapunten die de hoogste correlatie hebben met de te schatten voxel het hoogste gewicht krijgen. De data krijgt dan een indicatorwaarde, vandaar de naam Indicator Simulatie. Voor elke lithoklasse apart wordt de indicator op 1 gezet als de data tot die lithoklasse behoort en op 0 als die er niet toe behoort. Vervolgens wordt een block kriging uitgevoerd die een kans tussen 0

Datum

11 maart 2016

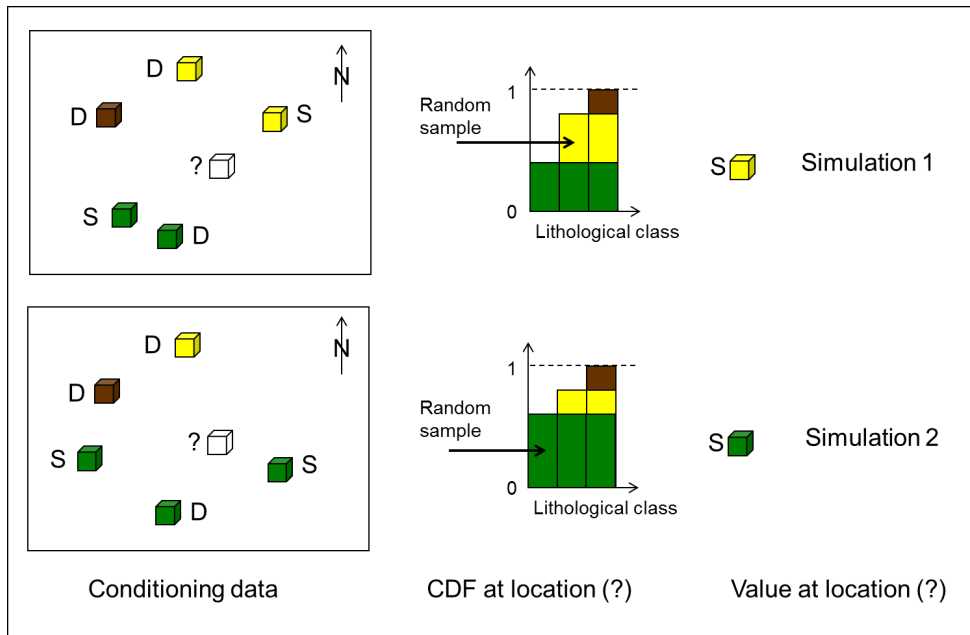
Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

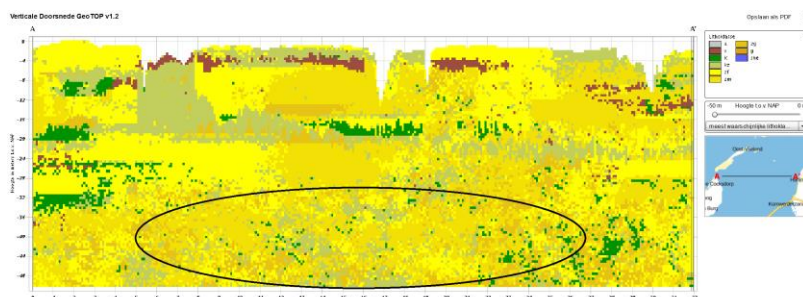
18/39

en 1 oplevert voor elke lithoklasse op de te schatten voxel. De waarden worden uitgezet in een cumulatieve distributie functie (CDF in Figuur 12). Vervolgens wordt een random waarde tussen 0 en 1 getrokken. De uiteindelijke gesimuleerde waarde op een voxel wordt afgeleid uit de CDF gebruikmakend van de random getrokken waarde.



Figuur 12. Twee lithoklasse simulaties met behulp van SIS van dezelfde voxel.

Met name in de dieper liggende delen van het model kan het voorkomen dat er geen data wordt gevonden in een zoekstraal. De gesimuleerde waarde wordt dan getrokken uit de vooraf opgeven gemiddelde relatieve aandelen van de lithoklassen. Omdat de trekking niet gestuurd wordt door data veroorzaakt dit ruis (Figuur 13). Deze vooraf bepaalde gemiddelde relatieve aandelen worden bepaald voor elke lithoklasse binnen een geologische eenheid.



Figuur 13 Profiel van west naar oost door de Waddenzee. Duidelijk zichtbaar is de ruis die in de lithoklassemodellering wordt veroorzaakt door de afwezigheid van boorinformatie.

In het geval van enkele eenheden, te weten de "Fm. van Naaldwijk, geen onderscheid tussen Lp. van Walcheren en Lp. van Wormer", de "Fm. van Naaldwijk, Lp. van Schoorl" en de "Fm. van Peelo", is er besloten om een

zogenoemde Vertical Proportion Curve (VPC) te gebruiken in plaats van de gemiddelde aandelen. Een VPC beschrijft de relatieve aandelen van de lithoklassen per diepte-interval, waarmee sturing gegeven wordt aan de verdeling van de lithoklassen in de verticale richting. Zo geeft de VPC van de "Fm. van Naaldwijk, geen onderscheid tussen Lp. van Walcheren en Lp. van Wormer" aan dat er aan de top een hoog aandeel klei is en een laag aandeel zand, en dat dit dieper omgekeerd is. Een soortgelijke VPC wordt gebruikt bij de "Fm. van Naaldwijk, Lp. van Schoorl". Bij de VPC die gebruikt wordt bij de "Fm. van Peelo" worden de REGISII.2 kleilaag-geometrieën van deze formatie in acht genomen om te bewerkstelligen dat de gesimuleerde klei met name binnen de kleilagen terecht komt.

Er zijn boorintervallen waarvan we weten dat ze zand zijn, maar er is geen informatie over de zandmediaanklasse. Om deze informatie toch te kunnen gebruiken hebben we een interpolatie procedure ontwikkeld die bestaat uit meerdere stappen. Allereerst worden er 10 simulaties uitgevoerd waarin voor elke voxel wordt bepaald of deze zand of niet-zand is. Hierbij wordt gebruik gemaakt van alle beschikbare informatie. Vervolgens worden voor elk van deze simulaties de voxels geselecteerd die als zand zijn geschat. In de volgende 10 simulaties worden de geselecteerde voxels berekend gebruikmakend van enkel die datapunten die informatie hebben over de zandmediaanklasse, resulterend in 100 realisaties van zandmediaanklassen. Eenzelfde soort procedure wordt ook uitgevoerd voor de niet-zand voxels, resulterend in 100 realisaties van de niet-zand lithoklassen. Door alle realisaties samen te voegen zijn er uiteindelijk 100 realisaties van de lithoklassen, die statistisch gezien even waarschijnlijk zijn.

Uit deze realisaties zijn vervolgens kansen op lithoklassen berekend en de "meest waarschijnlijke lithoklasse" is berekend op basis van de middelingsmethode voor indicator data van Soares (1992). Daarnaast is ook de modelonzekerheid van de lithoklassen berekend met behulp van het 'informatie entropie principe', waarbij een waarde van 0 een lage onzekerheid betekent en een waarde van 1 een hoge onzekerheid.

De 100 realisaties blijven beschikbaar voor toekomstige toepassingen.

Datum

11 maart 2016

Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

19/39

3. Aandachtspunten GeoTOP

Hierna wordt een selectie gepresenteerd van de geregistreerde aandachtspunten van GeoTOP. Deze selectie is bepaald aan hand van de ingeschatte impact van het aandachtspunt. De aandachtspunten zijn vastgelegd in een ArcGIS-shapefile zodat de informatie in combinatie met de GIS-bestanden van GeoTOP kan worden geraadpleegd; zie Figuur 14. In paragraaf 3.1 is een beknopte toelichting bij de selectie van de aandachtspunten opgenomen. De aandachtspunten zijn gegroepeerd per categorie. Per punt wordt in een tabel de volgende informatie gegeven:

Datum

11 maart 2016

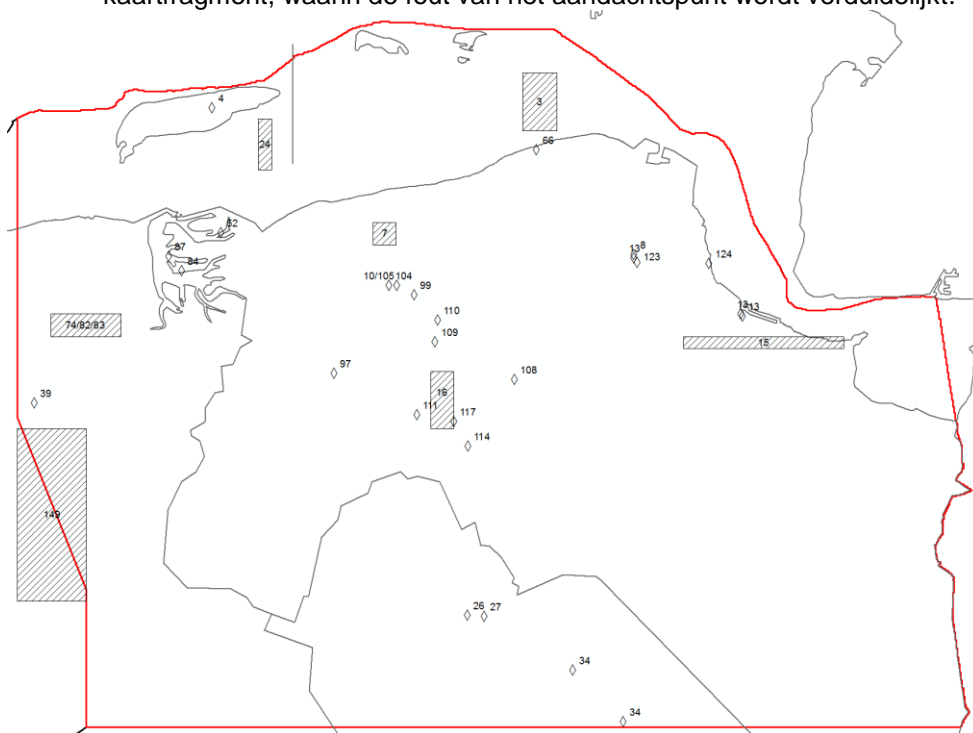
Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

20/39

- *Volgnummer*: nummer volgens het registratiesysteem dat is gehanteerd door TNO-GDN, afdeling Geomodellering.
- *Coördinaten*: globale ligging van het aandachtspunt in RD-coördinaten.
- *Aard*: aanduiding van de locatie (boring) of gebied van het aandachtspunt.
- *Regio*: globale ligging met vermelding van het kaartbladnummer volgens de indeling van de Topografische Kaart van Nederland 1: 25.000 versie 1961.
- *Eenheid*: Geologische eenheden (afgekort volgens de codering in Tabel 1) waarop het aandachtspunt betrekking heeft.
- *Status*: beoordeling van het aandachtspunt als 'fout' of als 'bevinding, nader te onderzoeken'
- *Omschrijving*: Beknopte beschrijving van de geconstateerde fout of van de bevinding.
- *Illustratie*: verwijzing naar figuren, meestal een geologisch profiel of kaartfragment, waarin de fout van het aandachtspunt wordt verduidelijkt.



Figuur 14. Locatie overzicht van de aandachtspunten GeoTOP Oostelijke Wadden.

Datum

11 maart 2016

Onze referentie

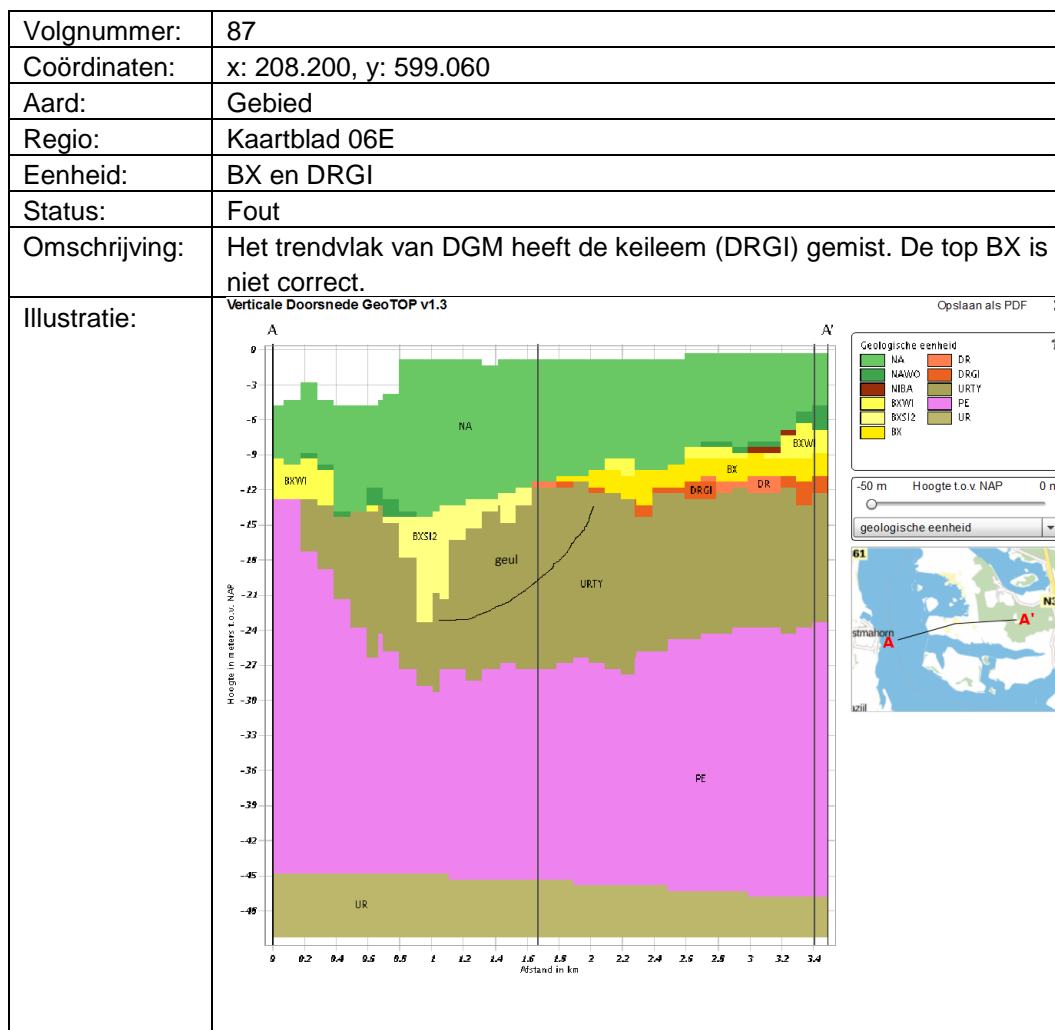
060.21052/01.06-11V

Blad

21/39

3.1 Aandachtspunten GeoTOP

Categorie: De eenheden die niet door GeoTOP geïnterpreteerd worden, zijn afgeleid uit DGM. Omdat DGM een regionaal model is waarbij niet alle boringen gebruikt zijn, kan het snijden van de regionale grids van DGM met de GeoTOP boringen leiden tot een afwijkende stratigrafische interpretatie t.o.v. de bestaande handmatige interpretatie.



Datum

11 maart 2016

Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

22/39

Volgnummer:	97 / 108 / 111
Coördinaten:	97: x: 222.6000, y: 588.850 108: x: 238.310, y: 588.310 111: x: 229. 820, y: 585.260
Aard:	Gebieden
Regio:	Kaartbladen 7A, 7B en 7C
Eenheid:	PE, DR, EE
Status:	Fout
Omschrijving:	De glaciale dalen zijn niet goed gemodelleerd waardoor de Top Peelo (PE) afwijkt en de opvullingen met DR en EE gecorrigeerd moeten worden. Nr. 108 wordt in de figuur weergegeven.
Illustratie:	<p>Verticale Doorsnede GeoTOP v1.3 Opslaan als PDF ✕</p> <p>The figure is a vertical cross-section of the GeoTOP v1.3 model. The y-axis represents height in meters relative to NAP, ranging from 0 to -48. The x-axis represents distance in kilometers, ranging from 0 to 11.25. The cross-section shows various geological units: NA (green), NAWA (light green), NIHO (orange), NAWO (dark green), NIBA (brown), BX (yellow), EE (light blue), DR (red), and PE (purple). A horizontal line indicates the 'top Fm. van Peelo'. A legend on the right lists the geological units and their corresponding colors. Below the legend is a scale bar from -50 m to 0 m and a map showing the location of the cross-section in the Groningen region, with labels for Middelstum, Loppersum, Sauwerd, Bedum, Ten Boer, Groningen, Harkstede, and Slochteren.</p>

Datum
11 maart 2016

Onze referentie
060.21052/01.06-11V

Blad
23/39

Volgnummer:	114 / 117
Coördinaten:	114: x: 234.260, y: 582.490 117: x: 233.070, y: 584.660
Aard:	Gebied
Regio:	Kaartblad 7D
Eenheid:	PE, DR, EE
Status:	Fout
Omschrijving:	Het betreft hier een glaciaal dal waardoor de top van de Peelo moet worden aangepast en DR- en EE- opvulling moet worden gecorrigeerd. Nr. 117 wordt in de figuur weergegeven.
Illustratie:	

Volgnummer:	123 / 124
Coördinaten:	123: x: 249.040, y: 598.500 124: x: 255.280, y: 598.420
Aard:	Gebied
Regio:	Kaartbladen 7E en 7F
Eenheid:	PE, DR, EE
Status:	Fout
Omschrijving:	In het glaciaal dal moet de opvulling met sedimenten van de Formatie van Drente (DR) en de Eem Formatie (EE) worden verbeterd. Nr. 123 wordt in de figuur weergegeven.
Illustratie:	

Categorie:

Een van de kenmerken van het GeoTOP lagenmodel is dat de eenheden onafhankelijk van elkaar worden berekend. Daarnaast wordt er bij de berekening van de eenheden binnen een potentiële verbreiding geen rekening gehouden met boringen binnen de verbreiding waarin de eenheid afwezig is. Daardoor kan op deze lokaties ten onrechte toch de desbetreffende eenheid gemodelleerd worden. Dit heeft vervolgens ook invloed op de onderliggende eenheid. Zo kan bijvoorbeeld een keileembult ten onrechte door de bovenliggende eenheid afgetopt worden.

Het onterechte versnijden van eenheden door bovenliggende eenheden is een bekend aandachtspunt binnen de GeoTOP modellering.

Datum

11 maart 2016

Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

24/39

Volgnummer:	7 / 10
Coördinaten:	7: x: 226.000 - 228.000; y: 600.000 - 602.000
Aard:	Gebied
Regio:	7: Pieterburen en omgeving, kaartblad 03C;
Eenheid:	DRGI
Status:	Fout
Omschrijving:	7: Keileembult (DRGI) is als BXWI gemodelleerd
Illustratie:	

Datum
11 maart 2016

Onze referentie
060.21052/01.06-11V

Blad
25/39

Volgnummer:	52 / 99 / 109 / 110
Coördinaten:	52: x: 212.735, y:601.085 99: x: 229.580, y:595.700 109: x: 231.410, y: 591.570 110: x: 231.650, y: 593.460
Aard:	Gebied
Regio:	Kaartbladen 02H, 07A en 07B
Eenheid:	DR, BX
Status:	Fout
Omschrijving:	Keileemvoorkomens zijn niet goed gemodelleerd. Nr. 99 wordt in de figuur weergegeven.
Illustratie:	<p>The illustration is a geological cross-section titled 'Verticale Doornide SlicetOP v1.3'. The vertical axis represents depth in meters (m) from 0 to -100. The horizontal axis represents distance in meters (m) from 0 to 600. The diagram shows several layers: a top green layer (NA), a yellow layer (NIBA), and a large purple layer (F1). A legend on the right lists soil types: NA, NIBA, F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11, F12, F13, F14, F15, F16, F17, F18, F19, F20, F21, F22, F23, F24, F25, F26, F27, F28, F29, F30, F31, F32, F33, F34, F35, F36, F37, F38, F39, F40, F41, F42, F43, F44, F45, F46, F47, F48, F49, F50, F51, F52, F53, F54, F55, F56, F57, F58, F59, F60, F61, F62, F63, F64, F65, F66, F67, F68, F69, F70, F71, F72, F73, F74, F75, F76, F77, F78, F79, F80, F81, F82, F83, F84, F85, F86, F87, F88, F89, F90, F91, F92, F93, F94, F95, F96, F97, F98, F99, F100. A small map in the bottom right corner shows the location of the site.</p>

Volgnummer:	74 / 82 / 83
Coördinaten:	x: 198.000 – 204.000, y: 592.000 – 594.000
Aard:	Gebied
Regio:	Kaartbladen 06B en 06E (Paesens geulsysteem)
Eenheid:	NA, NIBA
Status:	Fout
Omschrijving:	De holocene geul is niet voldoende zichtbaar gemaakt in het model. Het Basisveen (NIBA) is versneden en is hier niet aanwezig. Ter plaatse van de boring moet de geul dieper zijn.
Illustratie:	<p>The illustration is a geological cross-section titled 'Verticale Doornide SlicetOP v1.3'. The vertical axis represents depth in meters (m) from 0 to -100. The horizontal axis represents distance in meters (m) from 0 to 600. The diagram shows several layers: a top green layer (NA), a yellow layer (NIBA), and a large purple layer (F1). A legend on the right lists soil types: NA, NIBA, F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11, F12, F13, F14, F15, F16, F17, F18, F19, F20, F21, F22, F23, F24, F25, F26, F27, F28, F29, F30, F31, F32, F33, F34, F35, F36, F37, F38, F39, F40, F41, F42, F43, F44, F45, F46, F47, F48, F49, F50, F51, F52, F53, F54, F55, F56, F57, F58, F59, F60, F61, F62, F63, F64, F65, F66, F67, F68, F69, F70, F71, F72, F73, F74, F75, F76, F77, F78, F79, F80, F81, F82, F83, F84, F85, F86, F87, F88, F89, F90, F91, F92, F93, F94, F95, F96, F97, F98, F99, F100. A small map in the bottom right corner shows the location of the site.</p>

Categorie: Rechte begrenzing eenheden

Datum
11 maart 2016

Onze referentie
060.21052/01.06-11V

Blad
26/39

Volgnummer:	24
Coördinaten:	x: 216.000 - 217.000, y: 606.000 - 611.000
Aard:	Gebied
Regio:	Uitloper van het Hunzedal onder de Waddenzee tot bij Schiermonnikoog; kaartbladen 02G en 03E.
Eenheid:	BX, EE
Status:	Fout
Omschrijving:	De begrenzing van de Eem Formatie (EE) met de Formatie van Boxtel (BX) is in het model een verticale lijn, hetgeen een insnijding van de Eem Formatie suggereert. Dat kan niet omdat de BX-afzettingen hier jonger zijn dan de afzettingen van de Eem Formatie.
Illustratie:	

Categorie: positie van een eenheid in het lagenmodel is niet conform diezelfde eenheid in een boring of sondering

Datum

11 maart 2016

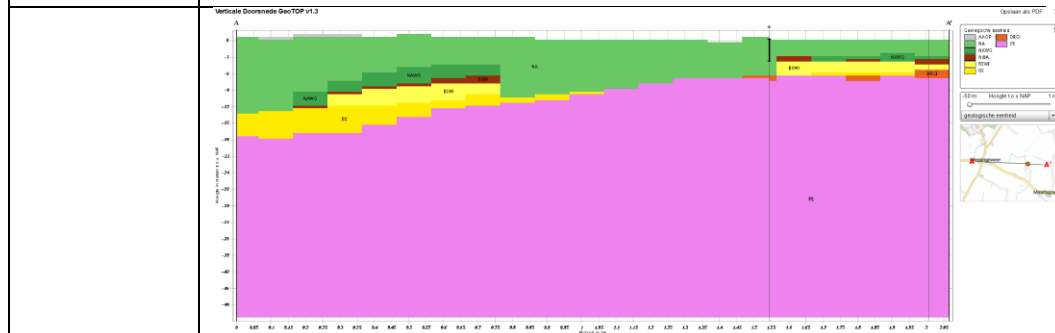
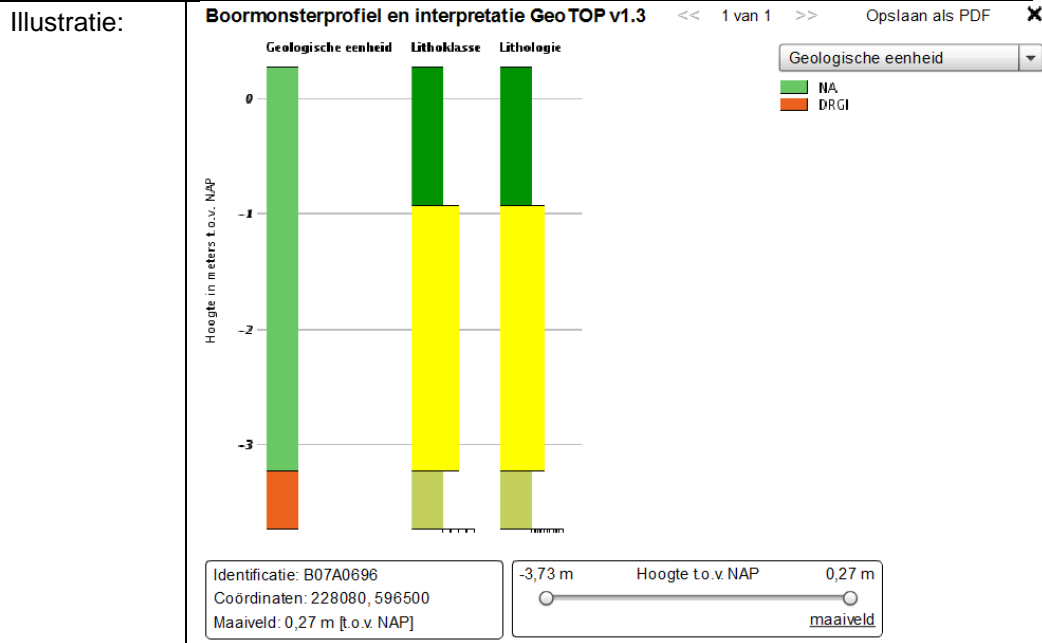
Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

27/39

Volgnummer:	84 / 104 / 10 / 105
Coördinaten:	84: x: 209.320, y: 597.800 104: x: 227.400, y: 596.530 10 / 105: x: 228.080, y: 596.500
Aard:	Boringen
Regio:	Kaartbladen 06E en 7A
Eenheid:	DRGI
Status:	Fout
Omschrijving:	84,104 en 10 / 105: DRGI (keileem) is hier niet gemodelleerd. Nr. 10 / 105 wordt in de figuur weergegeven. Ter plaatse van de boring in het profiel moet de DRGI hoger liggen.



Datum
11 maart 2016

Onze referentie
060.21052/01.06-11V

Blad
28/39

Volgnummer:	3 / 66
Coördinaten:	3: x: 239.000 – 242.000, y: 610.000 – 615.000 66: x: 240.250, y: 608.340
Aard:	Gebied
Regio:	Kaartblad 3E
Eenheid:	BX
Status:	Fout
Omschrijving:	3: Top BX is niet correct; 66: BX is herkend in sonderingen en wijkt af van de GeoTOP interpretatie. Nr. 3 wordt in de figuur weergegeven. In de aangegeven cirkel moet de top van de Fm. van Boxtel nog enkele meters hoger liggen.
Illustratie:	<p>The illustration is a vertical cross-section of the GeoTOP v1.3 model. The x-axis represents distance in meters (0 to 48), and the y-axis represents elevation in meters (0 to -40). The cross-section shows several geological layers: a top layer (yellow), a layer labeled 'BX' (orange), a layer labeled 'Fm. van Boxtel' (green), and a bottom layer (purple). A circle highlights a specific feature in the upper layers, likely related to the 'Fm. van Boxtel' mentioned in the description. A legend on the right side of the image lists geological units and their corresponding colors. A small map in the bottom right corner shows the location of the cross-section within a larger geographical context.</p>

Categorie: aansluiting modelgebieden, missende cellen, verspringende vlakken

Volgnummer:	149
Coördinaten:	x: 195.000 – 201.000; y: 569.000 – 584.000
Aard:	Gebied
Regio:	Aansluiting Westelijke Wadden en Oostelijke Wadden
Eenheid:	-
Status:	Modelfout
Omschrijving:	De modelgebieden Westelijke Wadden en Oostelijke Wadden sluiten niet goed op elkaar aan, met tot gevolg missende cellen.
Illustratie:	<p>The illustration is a vertical cross-section of the GeoTOP v1.3 model. The x-axis represents distance in meters (0 to 175), and the y-axis represents elevation in meters (0 to -40). The cross-section shows several geological layers: a top layer (yellow), a layer labeled 'BX' (orange), a layer labeled 'Fm. van Boxtel' (green), and a bottom layer (purple). A significant gap or discontinuity is visible between the two sections of the cross-section, particularly in the upper layers, which is the focus of the 'Modelfout' (model error) status. A legend on the right side of the image lists geological units and their corresponding colors. A small map in the bottom right corner shows the location of the cross-section within a larger geographical context.</p>

Datum
11 maart 2016

Onze referentie
060.21052/01.06-11V

Blad
29/39

Volgnummer:	16, 26, 27
Coördinaten:	16: x: 231.000 – 233.000; y: 584.000 – 589.000 26: x: 234.211; y: 567.763 27: x: 235.680; y : 567.650
Aard:	Gebied (16); beekdal doorsneden (26,27)
Regio:	Drents plateau
Eenheid:	BXSI2, BX
Status:	Bevinding
Omschrijving:	Ten noordwesten van de stad Groningen is er een sprong in de BXSI2 en de BX die daarop aan hoort te sluiten. Geologisch gezien ontstaat er zo een onlogische afbakening van de BXSI2 en de BX (16, bovenste figuur). Opvulling beekdalen soms BXSI2 en elders BX (26, 27; nr. 27 wordt in de onderste figuur weergegeven).
Illustratie:	<p>The illustration consists of two geological cross-sections. The top section shows a valley with various geological units represented by different colors: green, yellow, purple, and red. A legend on the right side of the top section lists the units: BXSI2, BX, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10, B11, B12, B13, B14, B15, B16, B17, B18, B19, B20, B21, B22, B23, B24, B25, B26, B27, B28, B29, B30, B31, B32, B33, B34, B35, B36, B37, B38, B39, B40, B41, B42, B43, B44, B45, B46, B47, B48, B49, B50, B51, B52, B53, B54, B55, B56, B57, B58, B59, B60, B61, B62, B63, B64, B65, B66, B67, B68, B69, B70, B71, B72, B73, B74, B75, B76, B77, B78, B79, B80, B81, B82, B83, B84, B85, B86, B87, B88, B89, B90, B91, B92, B93, B94, B95, B96, B97, B98, B99, B100. The bottom section shows a similar cross-section with a different profile and legend. The legend on the right side of the bottom section lists the units: BXSI2, BX, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10, B11, B12, B13, B14, B15, B16, B17, B18, B19, B20, B21, B22, B23, B24, B25, B26, B27, B28, B29, B30, B31, B32, B33, B34, B35, B36, B37, B38, B39, B40, B41, B42, B43, B44, B45, B46, B47, B48, B49, B50, B51, B52, B53, B54, B55, B56, B57, B58, B59, B60, B61, B62, B63, B64, B65, B66, B67, B68, B69, B70, B71, B72, B73, B74, B75, B76, B77, B78, B79, B80, B81, B82, B83, B84, B85, B86, B87, B88, B89, B90, B91, B92, B93, B94, B95, B96, B97, B98, B99, B100.</p>

Datum
11 maart 2016

Onze referentie
060.21052/01.06-11V

Blad
30/39

Volgnummer:	39
Coördinaten:	x: 196.484; y: 586.238
Aard:	Gebied
Regio:	Dantumadeel, westgrens GeoTOP gebied
Eenheid:	BXSI2
Status:	Modelfout
Omschrijving:	Diep, geologisch niet te verklaren gat in de basis van de eenheid BXSI2. Dit gat is niet gebaseerd op informatie uit boringen.
Illustratie:	

Categorie: veen op pleistocene afzettingen wordt soms als NIBA en soms als NIHO gelabeld.

Datum
11 maart 2016

Onze referentie
060.21052/01.06-11V

Blad
31/39

Volgnummer:	8 / 13 / 15
Coördinaten:	8: Boring B07E1125, x: 248.750, y: 599.170 13: Boring B07E1081, x: 248.720, y: 598.900 Boring B07F0956, x: 258.060, y: 594.040 en boring B07F1200, x: 258.183, y: 593.810. 15: Coördinaatvakken 253/591, 261/592, 267/592.
Aard:	Diverse boringen
Regio:	Kaartbladen 07E, 07F en 08A
Eenheid:	NIHO en NIBA
Status:	Bevindingen controleren en interpretatie aanpassen
Omschrijving:	8. Interpretatie boring B07E1125 is NIBA maar dit moet NIHO zijn. 13. In boring B07F0956 wordt de veenlaag gelegen op pleistocene afzettingen NIHO genoemd, maar NIBA lijkt hier, ondanks de relatief hoge ligging, plausibel. In boring B07F1200 wordt veen op BX als NIBA benoemd terwijl het op NIHO niveau ligt. De onderstaande figuren geven de NIBA/NIHO problemen goed weer. A) Inconsistente labelling. Op gelijke diepte wordt in de ene boring NIHO en in de andere NIBA gelabeld (in beide ligt het veen op Pleistocene afzettingen). B) Er is erg veel NIBA gemodelleerd zonder dat er boringen zijn die dat ondersteunen. C) Overgang van NIHO naar veen op pleistocene afzettingen, waarbij de vraag is of dit NIHO of NIBA moet zijn.
Illustratie:	

Categorie: modelfout

Datum
11 maart 2016

Onze referentie
060.21052/01.06-11V

Blad
32/39

Volgnummer:	4
Coördinaten:	x: 212.000, y: 612.000
Aard:	Locatie op Schiermonnikoog
Regio:	Schiermonnikoog
Eenheid:	EE
Status:	Modelfout
Omschrijving:	Twee cellen met niet realistische EE interpretatie
Illustratie:	

Categorie: lithoklasse modellering

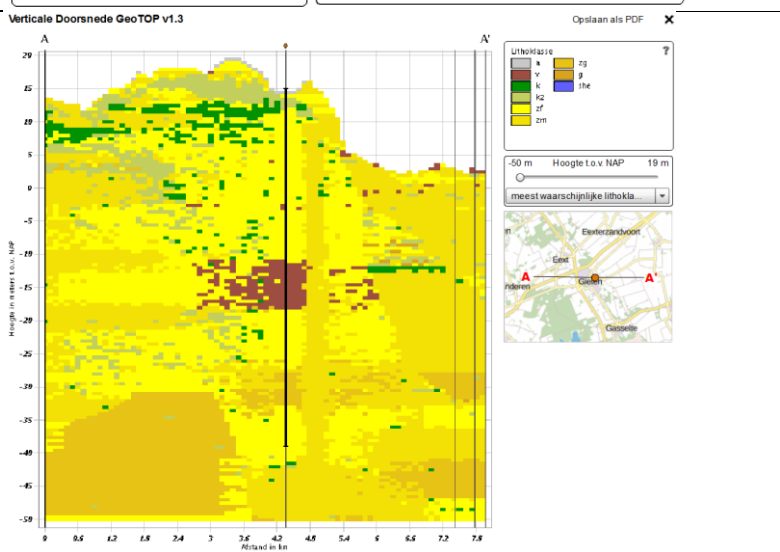
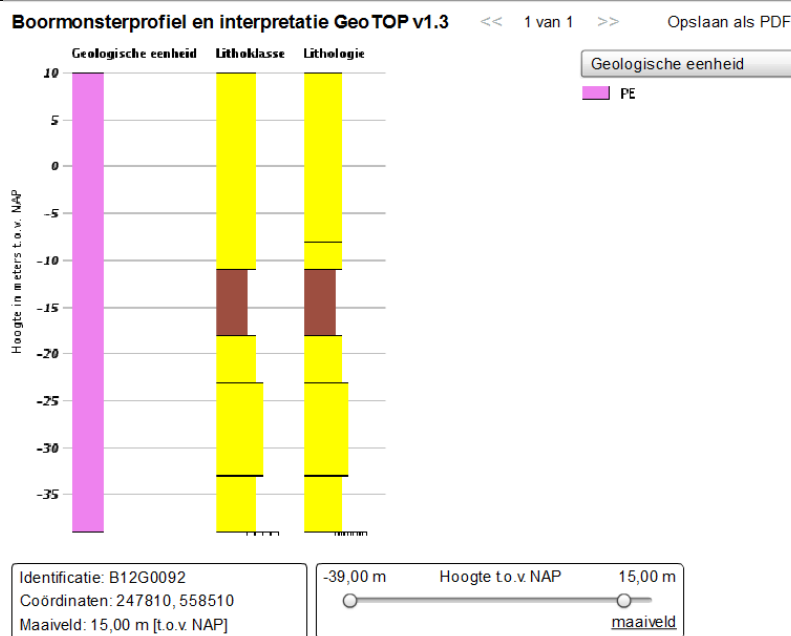
Datum
11 maart 2016

Onze referentie
060.21052/01.06-11V

Blad
33/39

Volgnummer:	34
Coördinaten:	B12E0223. x: 243.425, y: 562.970 B12E0092: x: 247.810, y: 558.510
Aard:	Boring
Regio:	Kaartblad 12E
Eenheid:	PE
Status:	Modelfout
Omschrijving:	Slechte boorbeschrijving met onrealistische diktes veenin de Fm. van Peelo geeft in de lithoklasse modellering een niet realistisch geologisch beeld.

Illustratie:



Volnummer:	148
Coördinaten:	x: 240.680, y: 572.670 en omgeving
Aard:	Gebied en boring B12E1283
Regio:	Gebied rond B12E1283
Eenheid:	NINB, BX
Status:	Fout
Omschrijving:	Oppervlakte veen in de boring is ten onrechte geïnterpreteerd als BX. Door de gevolgde modelleerwerkwijze wordt deze veenlaag dan aan de top van de BX gemodelleerd, die in het model, terecht, niet aan maaiveld ligt. Op deze manier wordt een tweede, niet bestaande, veenlaag gemodelleerd.

Datum

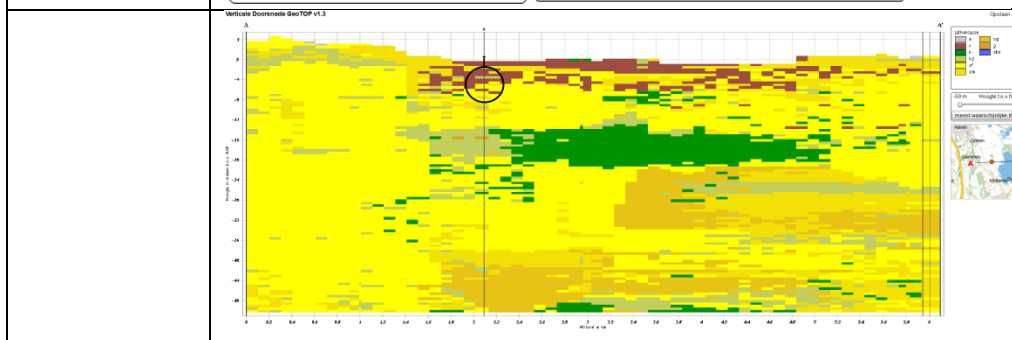
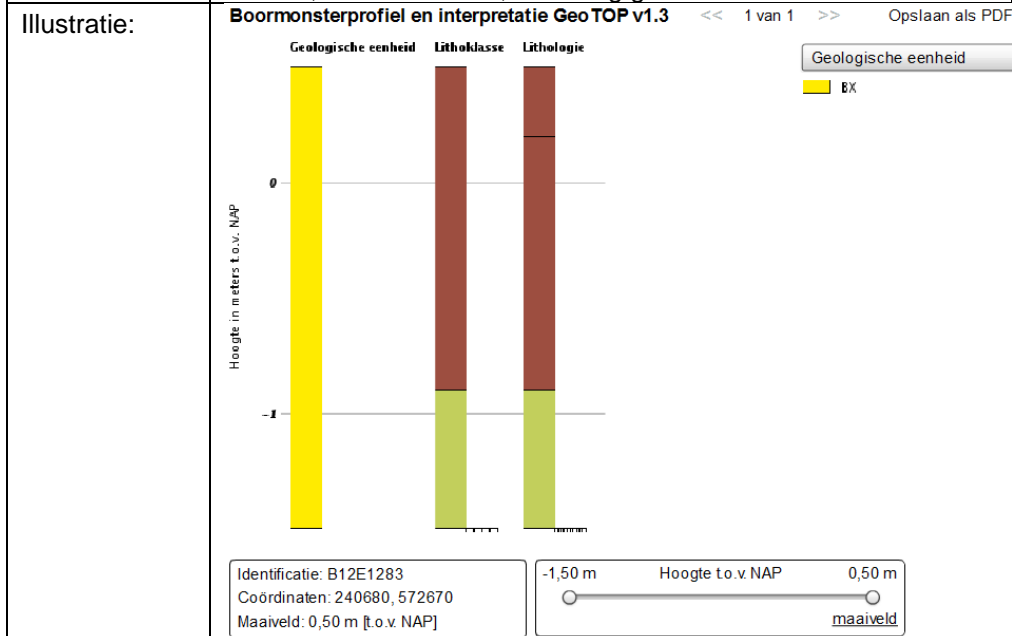
11 maart 2016

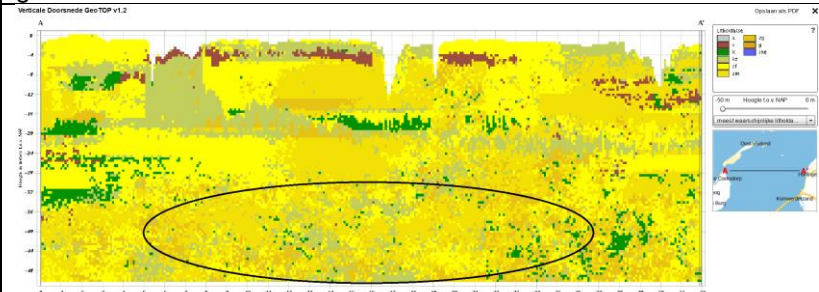
Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

34/39



Volgnummer:	151
Coördinaten:	-
Aard:	Gebied
Regio:	GeoTOP
Eenheid:	-
Status:	Bevinding
Omschrijving:	Als er in de 3D modellering onvoldoende data in de zoekstraal aanwezig is, wordt er getrokken uit de vooraf opgegeven gemiddelde relatieve aandelen van de lithoklassen. Dit zorgt voor een 'ruizig' resultaat. De verdeling van lithoklassen is daarmee niet geologisch te verklaren, maar is slechts een weerslag van de gemiddelde aandelen van de lithoklassen.
Illustratie:	

Datum

11 maart 2016

Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

35/39

3.2 Terugmeldingen model

In deze paragraaf worden aandachtspunten gepresenteerd die TNO-GDN als terugmeldingen heeft geregistreerd. Deze aandachtspunten zijn geconstateerd in GeoTOP versie 1.2, maar gelden ook nog voor GeoTOP versie 1.3, omdat de gebieden waar de terugmeldingen betrekking op hebben niet opnieuw berekend zijn voor versie 1.3.

Datum
11 maart 2016

Onze referentie
060.21052/01.06-11V

Blad
36/39

Volgnummer:	Terugmelding 1
Coördinaten:	x: 84.000 – 87.000 y: 441.000 – 444.000
Aard:	Gebied
Regio:	ZH – ten zuiden van Delft
Eenheid:	KRWY
Status:	Modelfout
Omschrijving:	Modellering heeft hier geleid tot een onrealistisch dikke KRWY.
Illustratie:	

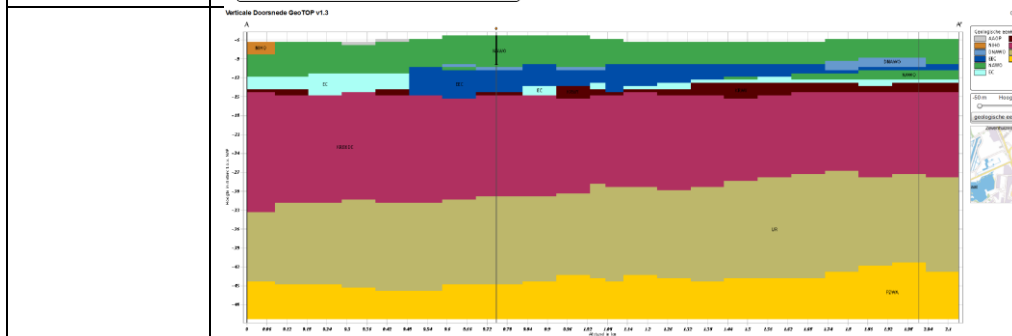
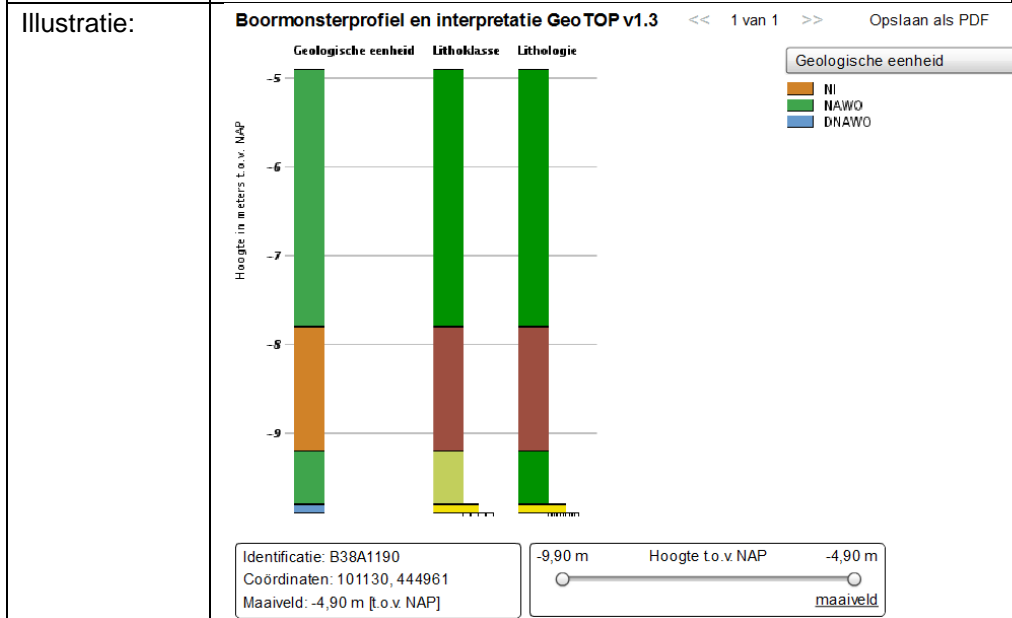
Volgnummer:	Terugmelding 2
Coördinaten:	x: 100.830 – 482.200
Aard:	Gebied
Regio:	Bennebroek
Eenheid:	ONAWA, NAZA
Status:	Bevinding controleren
Omschrijving:	Onterechte modellering van veen binnen de eenheid ONAWA, waar het gaat om een afgegraven strandwal (NAZA). Bevinding is dus tweeledig; enerzijds is de eenheid onjuist, anderzijds is de lithoklasse onjuist.
Illustratie:	

Datum
11 maart 2016

Onze referentie
060.21052/01.06-11V

Blad
37/39

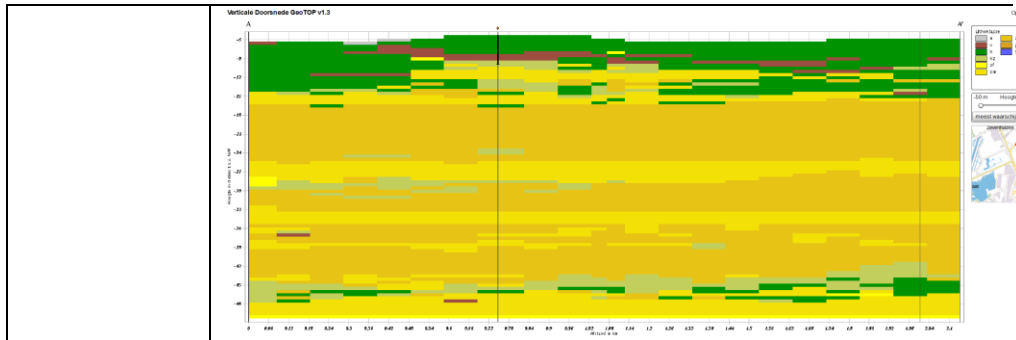
Volgnummer:	Terugmelding 3
Coördinaten:	x: 98.000 – 106.000 y: 442.000 – 452.000
Aard:	Gebied
Regio:	ZH – Zuidplaspolder
Eenheid:	NIHO
Status:	Modelfout
Omschrijving:	Er zit veen in de boringen, maar de boringen liggen buiten de verbreiding van de NIHO waardoor het veen is gelabeld als NI. Dit veen behoort echter wel tot de NIHO. In het stratigrafisch model zit hier NAWO, omdat NI niet gemodelleerd is, in het lithoklassemodel zit veen.



Datum
11 maart 2016

Onze referentie
060.21052/01.06-11V

Blad
38/39



Volgnummer:	149
Coördinaten:	x: 60.000 – 61.000; y: 417.000 – 418.000
Aard:	Gebied
Regio:	Aansluiting Zeeland en Goeree
Eenheid:	-
Status:	Modelfout
Omschrijving:	De modelgebieden Zeeland en Goeree sluiten niet goed op elkaar aan, met tot gevolg missende cellen.
Illustratie:	<p>Vertical cross-section GeoTOP v1.3. This plot illustrates a model error where two geological units, 'g' (green) and 's' (yellow), do not meet properly, resulting in missing cells. The vertical axis shows depth (0 to -100) and the horizontal axis shows distance (0 to 3.1). A legend on the right identifies the units: 'g' (green), 's' (yellow), and 'f' (orange). A map inset shows the location.</p>

3.3 Literatuur

Bosch, J.H.A., 2000. Standaard Boor Beschrijvingsmethode, Versie 5.1. NITG-TNO Rapport 00-141-A.

Chilès, J.-P. & Delfiner, P., 2012. Geostatistics – Modeling Spatial Uncertainty. Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 699 p.

De Mulder, E.F.J., Geluk, M.C., Ritsema, I., Westerhoff, W.E. & Wong, T.E. (2003) De Ondergrond van Nederland. Geologie van Nederland, deel 7. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, Utrecht. 379 p

Goovaerts, P., 1997. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. Oxford University Press, New York, 483 p.

Gunnink, J.L., Maljers, D., Van Gessel, S.F., Menkovic, A.M., Hummelman, H.J., 2013. Digital Geological Model (DGM): a 3D raster model of the subsurface of the Netherlands. Netherlands Journal of Geosciences 92(1), p. 33-46.

Koomen, A.J.M. en Maas, G.J., 2004. Geomorfologische Kaart Nederland (GKN); Achtergronddocument bij het landsdekkende digitale bestand. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1039. 38 p.

Soares, A., 1992. Geostatistical estimation of multi-phase structure. Mathematical Geology 24 (2), p.149-160.

Stafleu, J., Maljers, D., Busschers, F.S., Gunnink, J.L., Schokker, J., Dambrink, R.M., Hummelman, H.J. en Schijf, M.L., 2013. GeoTOP modellering. TNO rapport TNO 2012 R10991.

Stafleu, J., 2016. Productspecificatie Ondergrondmodel GeoTOP. TNO rapport TNO 2016 R10577.

Vernes, R.W. & Van Doorn, Th. H. M., 2005. Van Gidslaag naar Hydrogeologische Eenheid – Toelichting op de totstandkoming van de dataset REGIS II. Netherlands Institute of Applied Geosciences TNO, Report 05-038-B.

Vernes, R.W., Bosch, J.H.A., Harting, R., Maljers, D., Schokker, J., 2013. Data-inventarisatie, kartering en parametrisatie van keileem in het MIPWA-gebied. TNO rapport TNO 2013 R10107.

Weerts, H.J.T., Cleveringa, P., Ebbing, J.H.J., De Lang, F.D. & Westerhoff, W.E (2000) De lithostratigrafische indeling van Nederland – Formaties uit het Tertiair en Kwartair. TNO-rapport NITG-00-95-A, 38 p.

Wellmann, J.F. & Regenauer-Lieb, K., 2012. Uncertainties have a meaning: information entropy as a quality measure for 3-D geological models. Tectonophysics 526, p. 207-216.

Datum

11 maart 2016

Onze referentie

060.21052/01.06-11V

Blad

39/39