

Energy  
Princetonlaan 6  
3584 CB Utrecht  
Postbus 80015  
3508 TA Utrecht

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 88 866 42 56

## TNO-rapport

**TNO 2019 R11936**

# Kwaliteitstoetsingsdocument Geologisch model GeoTOP v1.3 - modelgebied Westelijke Wadden v1.0

Datum	2 december 2019
Auteur(s)	P. Kiden
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	15
Aantal bijlagen	-
Opdrachtgever	De directeur Geologische Dienst Nederland
Projectnaam	GIP Ondiepe modellering 2019
Projectnummer	060.38609

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2019 TNO

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding – doel en context van dit rapport .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Het geologisch ondergrondmodel GeoTOP v1.3 modelgebied Westelijke Wadden v1.0.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Werkwijze voor de eindcontrole en beoordeling van de kwaliteit.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Belangrijkste aandachtspunten uit de eindcontrole.....</b>	<b>6</b>
4.1	Stratigrafisch concept .....	6
4.2	Lagenmodel.....	8
4.3	Voxelmodel .....	8
4.4	Overige kwaliteitsissues .....	14
<b>5</b>	<b>Ondertekening .....</b>	<b>15</b>

# 1 Inleiding – doel en context van dit rapport

Voor een duurzaam gebruik en beheer van de ondergrond van Nederland is informatie en kennis over opbouw en eigenschappen van de bodemlagen essentieel. TNO - Geologische Dienst Nederland (GDN) levert deze informatie in de vorm van diverse digitale modellen van de Nederlandse ondergrond (Tabel 1). De constructie van elk model wordt gedetailleerd beschreven in het betreffende totstandkomingsdocument.

Tabel 1 Geologische en hydrogeologische modellen in de BRO.

<b>Model</b>	<b>Type</b>
Digitaal Geologisch Model (DGM) v2.2	Geologische modellen
REGIS II v2.2	Hydrogeologische modellen
GeoTOP v1.3	Geologische modellen

Dit document geeft een beknopte beschrijving van de werkwijze bij en de belangrijkste aandachtspunten uit de eindcontrole en beoordeling van de kwaliteit van het geologische ondergrondmodel GeoTOP v1.3, modelgebied Westelijke Wadden v1.0 voor vrijgave voor publicatie. De algemene beschrijving van de uitgangspunten en werkwijze van de eindcontrole en kwaliteitsbeoordeling die geldt voor alle recent vrijgegeven ondergrondmodellen is te vinden in het 'Kwaliteitstoetsingsdocument Ondergrondmodellen BRO – Algemeen'. De gedetailleerde resultaten van de kwaliteitscontroles van het model GeoTOP v1.3 modelgebied Westelijke Wadden zijn vastgelegd in een bevindingenlijst (intern TNO document) en in het register inzake meldingen modellen (onderdeel van de BRO).

## 2 Het geologisch ondergrondmodel GeoTOP v1.3 modelgebied Westelijke Wadden v1.0

GeoTOP is een driedimensionaal model van de laagopbouw en grondsoort (klei, zand, grind en veen) van de ondiepe ondergrond van Nederland tot een diepte van maximaal 50 m onder NAP. In GeoTOP is de ondergrond onderverdeeld in een regelmatig driedimensionaal grid (raster) van aaneengesloten voxels (volumecellen) van 100 bij 100 m in de horizontale richting en 0,5 m in de verticaal. Aan elke voxel zijn eigenschappen gekoppeld. Dit zijn de lithostratigrafische of geologische eenheid (laag) waartoe een voxel behoort, de lithoklasse (grondsoort) die representatief is voor de voxel en een aantal attributen die tezamen een maat van modelonzekerheid vormen. Behalve voxels bevat GeoTOP ook een gedetailleerd lagenmodel en de geïnterpreteerde boormonsterbeschrijvingen die bij het maken van het model gebruikt zijn. GeoTOP wordt per modelgebied gemaakt, waarbij de modelgebieden ongeveer overeen komen met de provincies. Voor Westelijke Wadden geldt dat het modelgebied grotendeels samenvalt met de provincie Friesland.

### 3 Werkwijze voor de eindcontrole en beoordeling van de kwaliteit

De eindcontrole van GeoTOP v1.3 modelgebied Westelijke Wadden gebeurde door een controleteam dat werd samengesteld door de projectleider van het modellerproject. Het controleteam bestond uit twee geologen / regio-experts van de Afdeling Geomodellering van TNO – Geologische Dienst Nederland die niet of slechts in geringe mate waren betrokken bij de bouw van het model zelf. De kwaliteitscontroles vonden plaats in het najaar van 2013 en werden afgerond begin maart 2014. Het vrijgavesprek vond plaats op 4 maart 2014, waarop het model werd vrijgegeven voor publicatie.

## 4 Belangrijkste aandachtspunten uit de eindcontrole

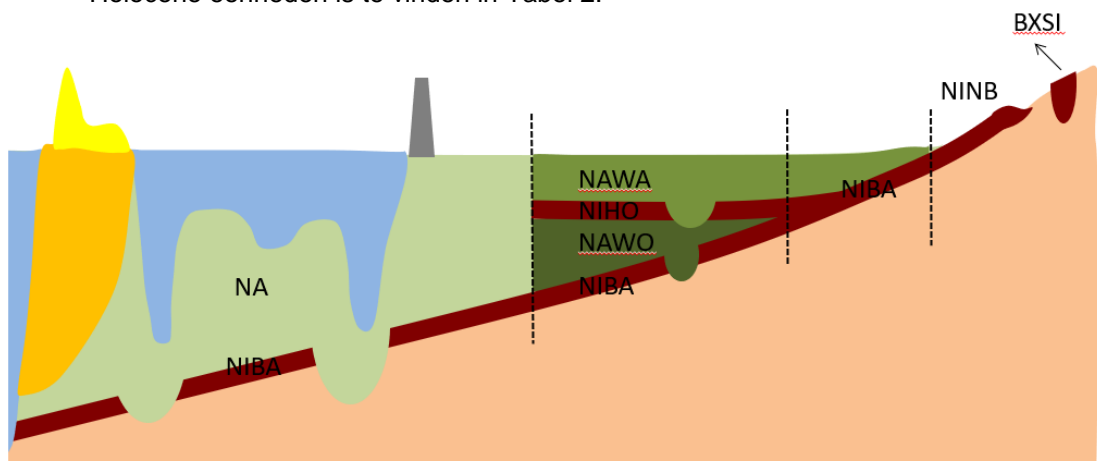
Hieronder worden in het kort de belangrijkste aandachtspunten uit de eindcontrole en het vrijgavesprek van het GeoTOP v1.3 model Westelijke Wadden aangegeven. Voor de gedetailleerde resultaten van de kwaliteitscontroles wordt verwezen naar het register inzake meldingen modellen (onderdeel van de BRO). Bij het vrijgavesprek is een aantal issues met betrekking tot het gebruikte stratigrafisch concept, de lagenmodellering en de voxelmodellering besproken:

- Op een aantal punten wijkt het in de modellering gebruikte stratigrafisch concept van de Holocene afzettingen af van de [Lithostratigrafische Nomenclator van de Ondiepe Ondergrond van Nederland](#). Deze afwijkingen zijn geaccepteerd voor het model.
- ‘Ruizigheid’ van het lithoklassemodel van o.a. de Formatie van Urk – Laagpakket van Tyne (URTY) is eveneens geaccepteerd, maar wordt inzichtelijk gemaakt met de modelonzekerheid (intern TNO-document).
- Met de vrijgave van Westelijke Wadden is besloten om het voxelmodel van GeoTOP van twee modelonzekerheden te voorzien: de modelonzekerheid van geologische eenheid en de modelonzekerheid van lithoklasse. Beide zullen in zowel toekomstige modellen worden meeberekend en aan oude modellen worden toegevoegd.

De eerste twee issues worden hieronder uitgebreider besproken en geïllustreerd.

### 4.1 Stratigrafisch concept

De discussie rond en het daaruit volgende nieuwe voorstel voor het stratigrafisch concept van de Holocene formaties van Naaldwijk en Nieuwkoop wordt samengevat in Figuur 1. Figuur 1 is tevens het belangrijkste conceptuele profiel voor het GeoTOP-model. Een overzicht van de in Figuur 1 en de tekst vermelde Holocene eenheden is te vinden in Tabel 2.



Figuur 1 Conceptuele NW-ZO dwarsdoorsnede door GeoTOP Westelijke Wadden met de daar onderscheiden eenheden.

Tabel 2 Overzicht van de in dit document vermelde Holocene eenheden.

Code	Eenheid	Afzettingsmilieu	Samenstelling
NIGR	Fm. van Nieuwkoop, Lp. van Griendtsveen	Moeras	Veen
NASC	Fm. van Naaldwijk, Lp. van Schoorl	Eolisch (kustduinen)	Zand
NAZA	Fm. van Naaldwijk, Lp. van Zandvoort	Strand en vooroever	Zand
NINB	Fm. van Nieuwkoop, modeleenheid Nij Beets	Moeras	Veen en klei
NA	Fm. van Naaldwijk, geen onderscheid tussen Lp. van Wormer en Lp. van Walcheren	Getijden, ongedifferentieerd	Zand en klei
NAWA	Fm. van Naaldwijk, Lp. van Walcheren	Getijden, bovenste eenheid	Zand en klei
NIHO	Fm. van Nieuwkoop, Hollandveen Lp.	Moeras	Veen
NAWO	Fm. van Naaldwijk, Lp. van Wormer	Getijden, onderste eenheid	Klei en zand
NIBA	Fm. van Nieuwkoop, Basisveen laag	Moeras	Veen

In afwijking op de Nomenclator geldt in GeoTOP Westelijke en Oostelijke Wadden:

- NAWO wordt niet alleen in West-Nederland maar ook in Noord-Nederland onderscheiden, te weten op locaties waar een aaneengesloten veenpakket (NIHO) in het klastische pakket aanwezig is;
- NAWA wordt niet alleen in West-Nederland maar ook in Noord-Nederland onderscheiden, te weten op locaties waar een aaneengesloten veenpakket (NIHO) in het klastische pakket aanwezig is en landinwaarts daarvan;
- De overige mariene klastische afzettingen worden NA (zonder onderscheid NAWA/NAWO) gelabeld;
- NIBA wordt niet langer beperkt tot veen onder NA, maar omvat het aaneengesloten veenpakket op het Pleistocene oppervlak én onder een klastisch pakket, dat gevormd is in de kustvlakte (NA) ;
- NIHO wordt niet langer beperkt tot het veen tussen en boven NA, maar omvat het aaneengesloten veenpakket in het klastische pakket, dat gevormd is in de kustvlakte (NA);
- NINB (Formatie van Nieuwkoop, Laagpakket van Nij Beets) is nieuw ingevoerd voor het veen dat onder invloed van zeespiegel-gerelateerde grondwaterspiegelstijging is gevormd langs de flanken van Pleistocene hogen, maar later niet is bedekt door klastische afzettingen.

Deze afwijkingen zijn belangrijk om te vermelden; naar verwachting zal een deel overgenomen worden in een toekomstige update van de Nomenclator (herdefiniëren van NAWO, NAWA, NIBA en NIHO). De nieuw gedefinieerde Nij Beets zal niet gehandhaafd worden als modeleenheid en dientengevolge niet terecht komen in de Nomenclator; dat zal in een toekomstige release van GeoTOP Westelijke en Oostelijke Wadden worden gecorrigeerd.

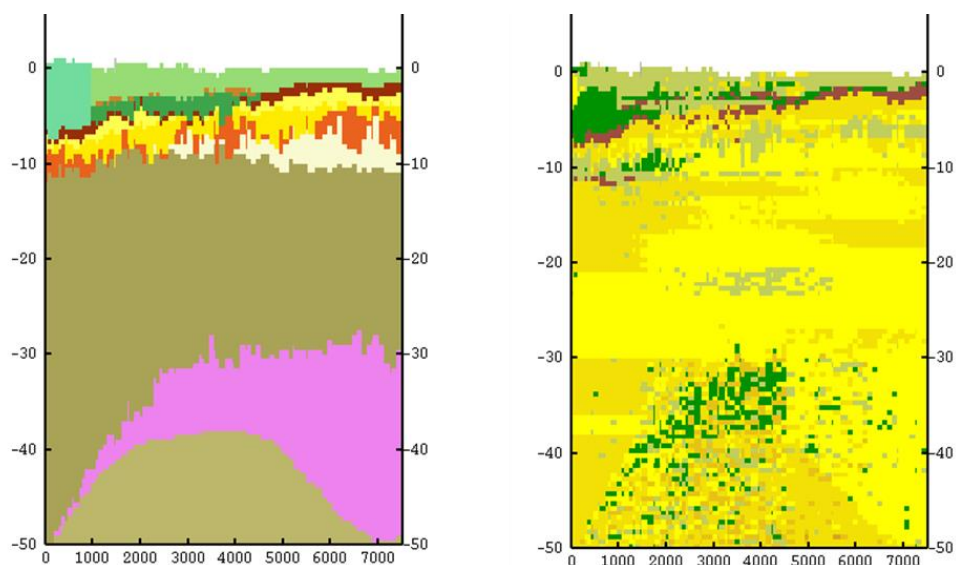
In het vrijgave gesprek is het concept besproken en vervolgens is gekeken hoe dit in het lagenmodel en het voxelmodel is uitgewerkt.

## 4.2 Lagenmodel

De **basis** van de eenheden **NA en NAWO** is in de modellering als één eenheid gemodelleerd. Dat wil zeggen dat in het modelleerproces de geïnterpreteerde boorbeschrijvingen waarin de eenheden zijn aangetroffen en de twee verbreidingen zijn samengevoegd waarna er één basisvlak is berekend. In het eindresultaat is dit basisvlak weer opgesplitst volgens de oorspronkelijke verbreidingen van de afzonderlijke eenheden. Het resultaat van deze werkwijze is bekeken en goed bevonden.

## 4.3 Voxelmodel

Er is gekeken naar de **laterale overgangen NA – NAWA en NA – NAWO**. Het risico van het apart modelleren van deze drie eenheden is dat er abrupte lithoklasseovergangen in het model ontstaan waar geleidelijke overgangen worden verwacht. Er is een drietal profielen bekeken, één overeenkomend met een profiel uit het proefschrift van Jaap Griede (Figuur 2), een profiel uit DGM en een controleprofiel van de interne projectcontrole (de laatste twee zijn niet weergegeven in Figuur 2).



Figuur 2 Profiel door het voxelmodel met links de geologische eenheid met bovenin NA, NAWA en NAWO conform het concept in Figuur 1. Gekeken is naar de laterale lithologische overgangen in de rechterfiguur tussen NA en NAWA en tussen NA en NAWO.

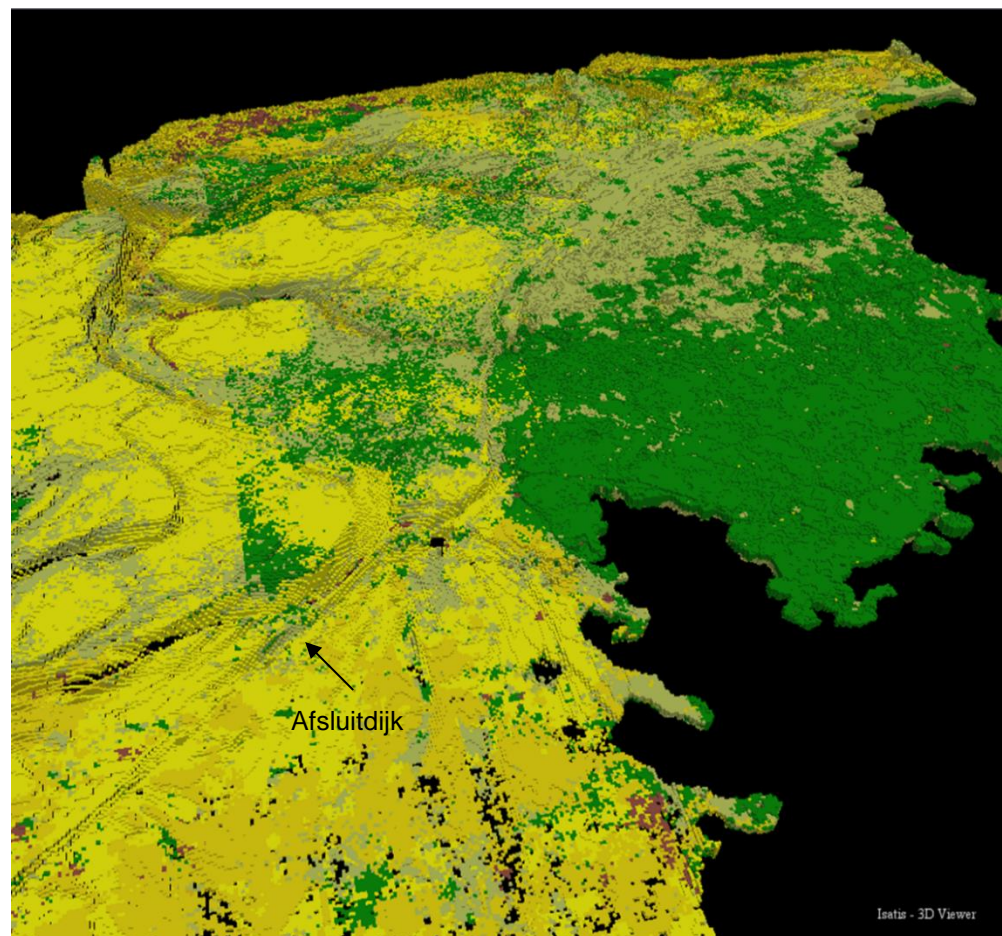
In geen van de drie profielen werden artefacten met betrekking tot de onderzochte overgangen geconstateerd.

Vervolgens is gekeken naar het onderscheid dat in de modellering is gemaakt tussen **NA in de Waddenzee** (NA-WAD, buitendijks, dus ook exclusief de Waddeneilanden) en **NA op het vasteland** (binnendijks, inclusief de Waddeneilanden). Dit onderscheid is gemaakt omdat in het ondiepe bereik NA-

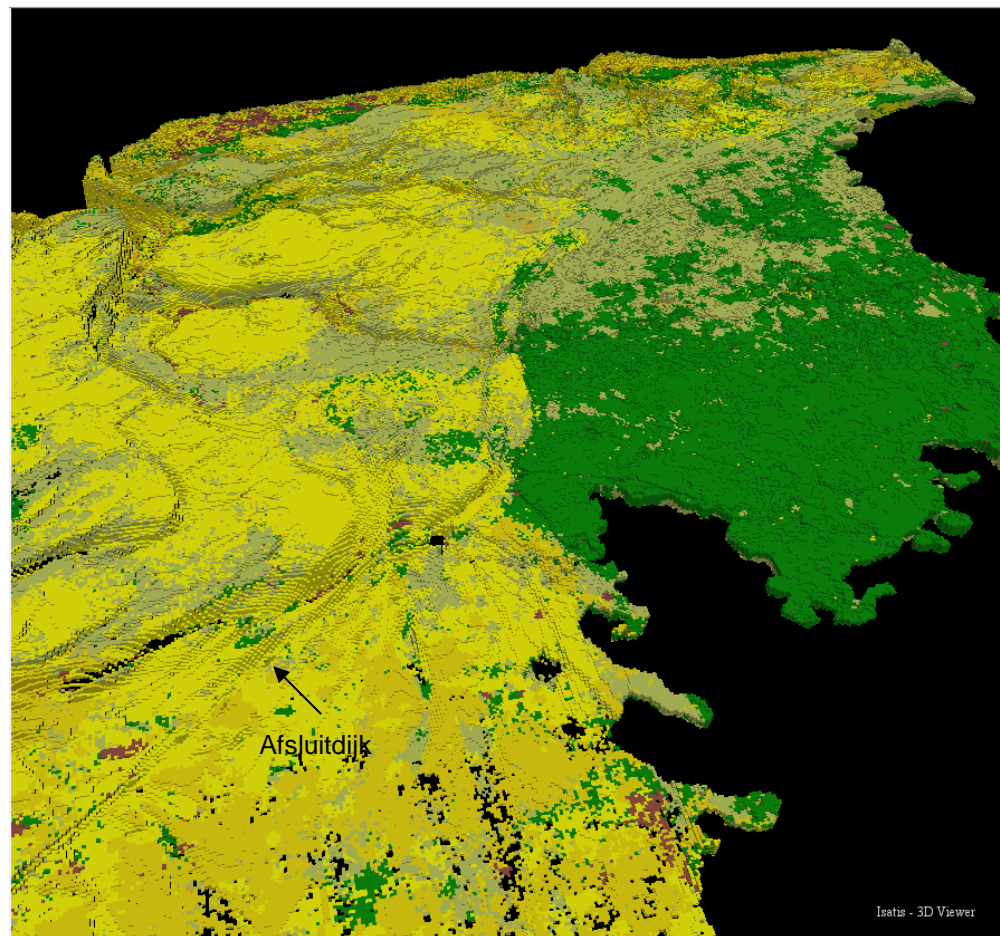


WAD zandiger is ontwikkeld dan NA. Doordat de boordichtheid buitendijks echter veel lager is dan binnendijks, waar zeer veel handboringen gezet zijn, zou zonder het onderscheid buitendijks klei worden gemodelleerd waar volgens de schaarse boringen geen klei aanwezig is. Het artificiële onderscheid tussen NAW-WAD en NA (in het eindproduct overigens weer samengevoegd tot een enkele eenheid NA) zou echter, net als bij NA-NAWA en NA-NAWO, tot onbedoelde abrupte lithoklasseovergangen in het model kunnen leiden. Figuur 3 en Figuur 4 laten het model resp. zonder en met onderscheid tussen NA en NA-WAD zien.

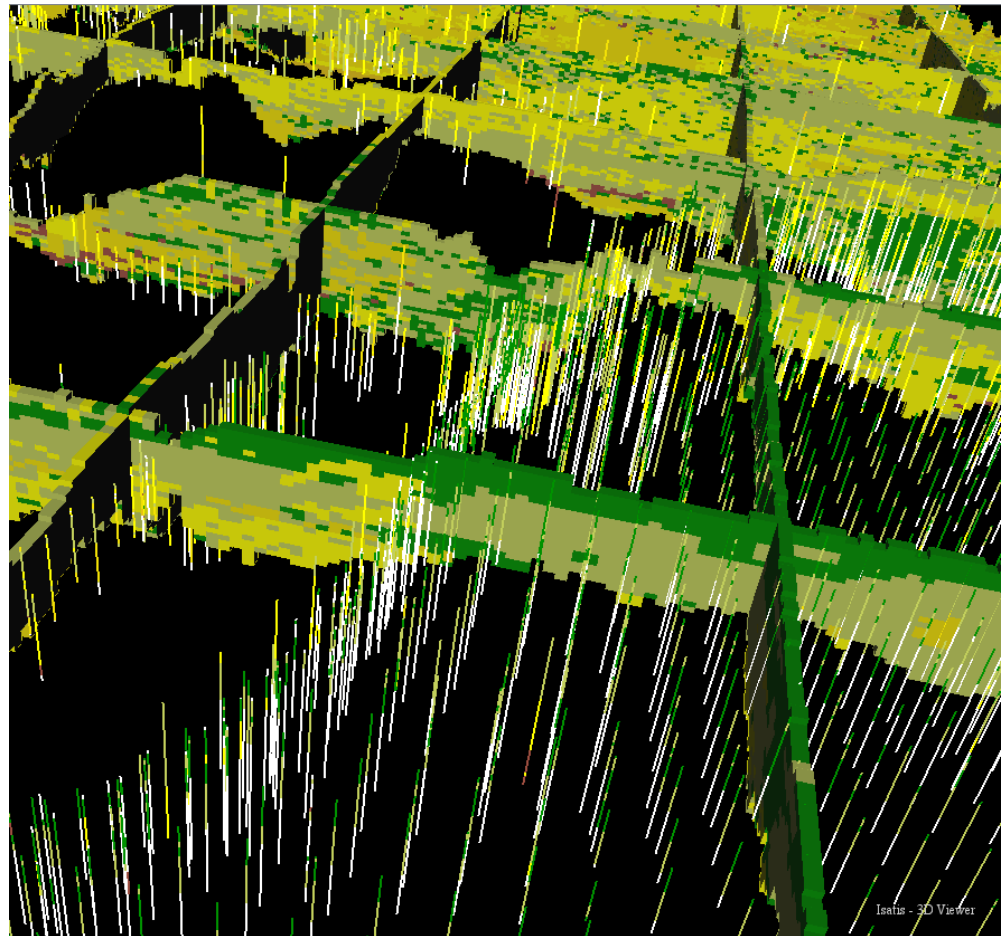
Vervolgens is in fence-diagrammen door het 3D-model, waarbij ook de boringen zijn geplot, bekeken of het onderscheid een verbetering is en of er ongewenste bijeffecten optreden, zie Figuur 5 en Figuur 6.



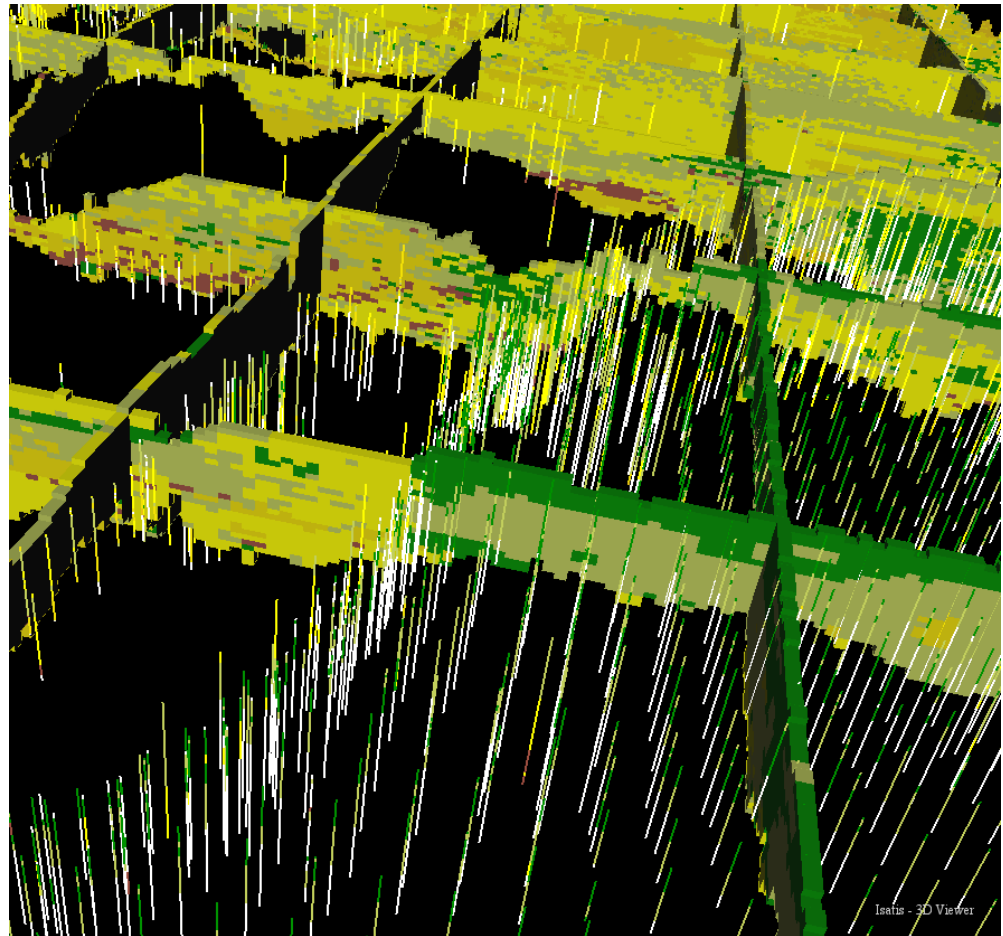
Figuur 3 3D bovenaanzicht van het lithoklassemodel zonder onderscheid tussen buiten- en binnendijkse NA. In het buitendijkse gebied is op de waterbodem veel klei aanwezig; dit is een modelartefact die te maken heeft met het grote aantal handboringen binnendijks vs. het geringe aantal boringen buitendijks. Het aandeel klei buitendijks wordt daardoor in de modellering te hoog geschat. Groen is klei, olijfgroen is kleilig zand en zandige klei, geeltinten zijn zand (hoe donkerder geel, hoe grover het zand) en bruin is veen.



Figuur 4 Als Figuur 3 maar dan met onderscheid tussen buiten- en binnendijkse NA. Groen is klei olijfgroen is kleilig zand en zandige klei, geeltinten zijn zand (hoe donkerder geel, hoe grover het zand) en bruin is veen.



Figuur 5 Fence-diagram van het lithoklassemodel zonder onderscheid tussen buiten- en binnendijkse NA.



Figuur 6 Fence-diagram van het lithoklassemodel met onderscheid tussen buiten- en binnendijkse NA

In het vrijgavesprek werd geconstateerd dat het onderscheid tot een beter model heeft geleid, en dat de artefacten acceptabel zijn. Wel is de kanttekening gemaakt dat voor een volgende release onderzocht moet worden of de grens van een natuurlijke overgang terecht bij een menselijke structuur (de Waddenzeedijk) is gelegd, of dat een andere, geologische grens beter zou zijn.

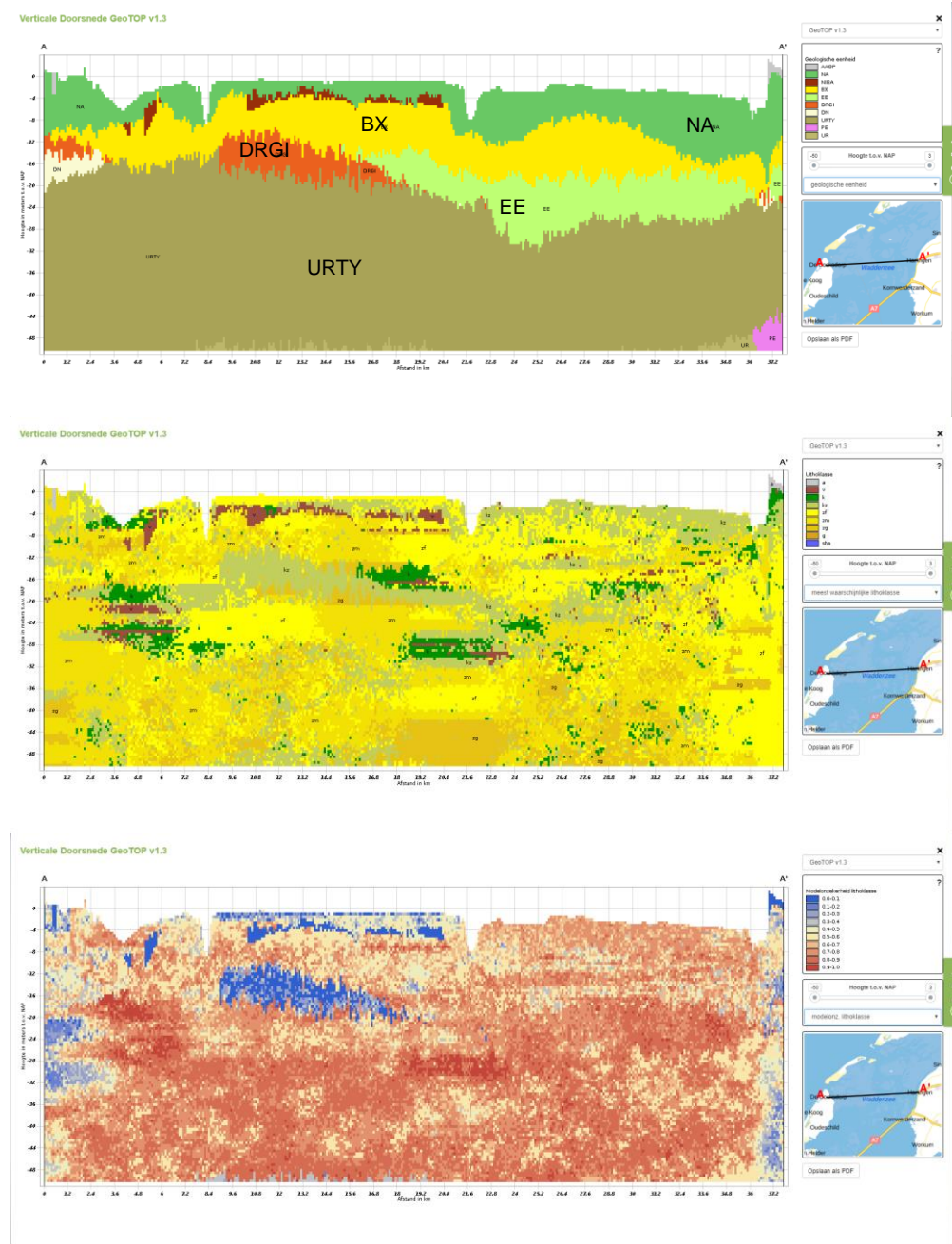
Tot slot is uitgebreid aandacht besteed aan de **'ruizigheid'** van sommige eenheden in delen van het model met een lage datadichtheid. De lage dichtheid treedt overal in GeoTOP op naarmate de diepte van het model toeneemt. In Westelijke Wadden is echter vooral de Waddenzee stiefmoederlijk bedeed met boringen. Dit leidt tot een lithoklassemodel met enerzijds 'ruizigheid': losse klei-voxels in een matrix van zand en anderzijds tot kolommen met een goede lithoklasseindeling direct rond de schaarse boringen. De boringen lijken als 'vuurtorens' hun gelaagde lithoklasseindeling naar de ruizige omgeving uit te stralen. Voorbeelden zijn te vinden door op DINOloket profielen door de Waddenzee te tekenen en bijvoorbeeld de lithoklasse-indeling van URTY te bekijken.

De vraag rees of en zo ja de onderdelen van het model die hier het meest onder te lijden hebben wel zouden moeten worden uitgeleverd, of dat de betreffende delen op 'nodata' zouden moeten worden gezet. Uiteindelijk is besloten om wel uit te



leveren, samen met de net ontwikkelde **modelonzekerheid van lithoklasse** ('entropie') die in de 'ruizige' delen inderdaad een zeer hoge modelonzekerheid aangeeft.

Figuur 7 illustreert het bovenstaande voor een profiel van De Cocksdorp naar Harlingen.



Figuur 7 Geologische eenheid (boven), lithoklasse (midden) en modelonzekerheid lithoklasse (onder) in een profiel van De Cocksdorp naar Harlingen. Met name de URTY (de onderste bruine eenheid in het bovenste profiel) is 'ruizig', met lokaal kolommen op de plek van de schaarse boringen in de Waddenzee.

#### **4.4 Overige kwaliteitsissues**

De Afsluitdijk is in het model als AAOP gemodelleerd (antropogeen opgebracht), maar dit geldt niet voor de Waddenzeedijk. In GeoTOP modelgebied Oostelijke Wadden is dat laatste wel gedaan, dus wat de Waddenzeedijk betreft bestaat een inconsistentie tussen de modelgebieden Westelijke en Oostelijke Wadden. In een toekomstige release van Westelijke Wadden zal dit gecorrigeerd worden.

## 5 Ondertekening

Utrecht, december 2019

TNO

Naam en paraaf tweede lezer

*Jan Stafleu.*


Dr. J. Stafleu

Ondertekening



Drs. P. Kiden  
Auteur

Autorisatie vrijgave



Dr. M.J. van der Meulen  
Research manager