

**TNO-rapport****TNO 2023 R10527****Kwaliteitstoetsingsdocument geologisch  
model GeoTOP v1.6 - modelgebied Almere  
1.0**Energy Transition  
Princetonlaan 6  
3584 CB Utrecht  
Postbus 80015  
3508 TA Utrecht[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 88 866 42 56

Datum	11 september 2023
Auteur(s)	J.L. Gunnink
Aantal pagina's	10
Opdrachtgever	De directeur Geologische Dienst Nederland
Projectnaam	GIP 2023 QC Modellen
Projectnummer	060.55855/01.03

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.

© 2023 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 v1.6 modelgebied Almere .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Werkwijze voor de Final Quality Review .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Belangrijkste aandachtspunten uit de Final Quality Review .....</b>	<b>6</b>
4.1	Lagenmodel .....	6
4.2	Voxelmodel .....	8
<b>5</b>	<b>Ondertekening .....</b>	<b>10</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 ondergrond essentieel. TNO – Geologische Dienst Nederland (GDN) levert deze informatie onder andere in de vorm van diverse digitale modellen van de Nederlandse ondergrond (Tabel 1). De bouw van elk model wordt gedetailleerd beschreven in een totstandkomingsdocument.

Tabel 1. Geologische en hydrogeologische modellen in de BRO.

<b>Model</b>	<b>Type</b>
Digitaal Geologisch Model (DGM) v2.2	Geologisch model
REGIS II v2.2.1	Hydrogeologisch model
GeoTOP v1.5	Geologisch model

De algemene beschrijving van de uitgangspunten en werkwijze van de finale controle en beoordeling van de kwaliteit (*Final Quality Review* of FQR) die gelden voor alle recent vrijgegeven ondergrondmodellen is te vinden in het 'Kwaliteitstoetsingsdocument Ondergrondmodellen BRO – Algemeen'. De gedetailleerde resultaten van de kwaliteitscontroles van het model GeoTOP Almere zijn vastgelegd in een bevindingenlijst (intern TNO-document) en in het register inzake meldingen modellen (onderdeel van de BRO).

Het voorliggende document geeft een beknopte beschrijving van de werkwijze en de belangrijkste aandachtspunten uit de FQR van het geologische ondergrondmodel GeoTOP v1.6, modelgebied Almere (verder aangegeven als GeoTOP Almere).

## 2 Het geologisch ondergrondmodel GeoTOP v1.6 modelgebied Almere

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 en 0,5 m in de verticale richting. Aan elke voxel zijn een aantal eigenschappen gekoppeld. Een daarvan is de lithostratigrafische of geologische eenheid (laag) waartoe een voxel behoort. Dit kan een formele eenheid zijn (zie lithostratigrafische nomenclator: [Stratigrafische Nomenclator | DINOloket](#)) of een eenheid specifiek voor de modellering, zie voor dit laatste het totstandkomingsdocument. Tevens is het attribuut lithoklasse (grondsoort) die representatief is voor de voxel en een aantal attributen die tezamen een maat van modelonzekerheid vormen in het model opgenomen.

Het voxelmodel wordt gemaakt aan de hand van een lagenmodel.

Behalve deze modellen bevat GeoTOP ook de geïnterpreteerde boorbeschrijvingen die bij het maken van de modellen gebruikt zijn. GeoTOP wordt per modelgebied gemaakt. Tot 2022 kwamen modelgebieden ongeveer overeen met provincies. In 2023 is gekozen voor een kleiner modelgebied, te weten Almere en omstreken, vanwege de wens om sneller dan voorheen een model op te leveren.

De keuzes voor de contouren en omvang van het modelgebied GeoTOP Almere is in overleg met het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) en de gemeente Almere genomen. Er spelen in het gebied belangrijke ruimtelijke vraagstukken die gebaat zijn bij een gedegen kennis van de ondergrond.

### 3 Werkwijze voor de Final Quality Review

Voor de eindcontrole van GeoTOP Almere, uitgevoerd volgens de FQR-systematiek, werd besloten het lagenmodel en het voxelmodel tegelijk te beoordelen. De reden hiervoor is dat in de werkwijze van modellering een aanpassing is doorgevoerd, waardoor zowel het lagenmodel als het voxelmodel tegelijk worden berekend, in tegenstelling tot de werkwijze die bij eerdere GeoTOP modelleringen werd toegepast. Deze werkwijze biedt de mogelijkheid om het lagenmodel en het voxelmodel tegelijk in het kwaliteitsproces te kunnen beschouwen.

De bevindingen zijn wel per model benoemd en beschreven.

De kwaliteitstoetsing voor het lagenmodel en het voxelmodel is uitgevoerd door één team. Dit team bestond uit 3 ervaren geologen, modellers / GIS-experts van de afdeling Geomodellering, die niet bij het modellerproces betrokken zijn geweest. Zij vormden het kwaliteitscontroleteam (QC-team).

De toetsing van het model is in twee iteraties uitgevoerd. Allereerst is een proef-QC uitgevoerd, met als doel een algehele indruk te krijgen van het model, zodat de GeoTOP-modellers nog tijdens het modellerproces input hadden om aandacht te schenken aan specifieke of opvallende zaken. De proef-QC betreft een kwaliteitstoetsing die tijdens het modellerproces wordt uitgevoerd en niet formeel onderdeel uitmaakt van het FQR proces, maar die waardevolle input oplevert om de kwaliteitstoetsing efficiënt te laten verlopen. De proef-QC verloopt volgens dezelfde intensiteit en methodiek als die van de FQR, echter vindt deze plaats wanneer het model nog niet geheel afgerond is. Vervolgens is een formele kwaliteitstoetsing uitgevoerd door het QC-team.

Het resultaat van de proef-QC is vastgelegd in een lijst met issues / bevindingen. Deze zijn in een overleg toegelicht waarna het modellteam de bevindingen heeft behandeld. Vervolgens is het model waarin de eerdere bevindingen zijn verwerkt door het modellteam aangeboden aan het QC-team en heeft het QC-team een kwaliteitstoetsing uitgevoerd. Er zijn een aantal bevindingen gerapporteerd die naar de mening van het QC-team een positief vrijgaveadvies niet in de weg staan. Er is één bevinding door het QC-team gerapporteerd waarbij er twijfels zijn of deze limiterend is voor vrijgave. Er is besloten deze bevinding voor te leggen tijdens het vrijgavegesprek.

De bevindingen en ook aandachtspunten worden in het volgende hoofdstuk toegelicht.

De kwaliteitscontrole in het kader van de formele FQR van het GeoTOP model Almere vond plaats in de periode van maart tot mei 2023. Tijdens het vrijgavegesprek op 6 juni 2023 werd het GeoTOP Almere e.o. model vrijgegeven voor publicatie.

## 4 Belangrijkste aandachtspunten uit de Final Quality Review

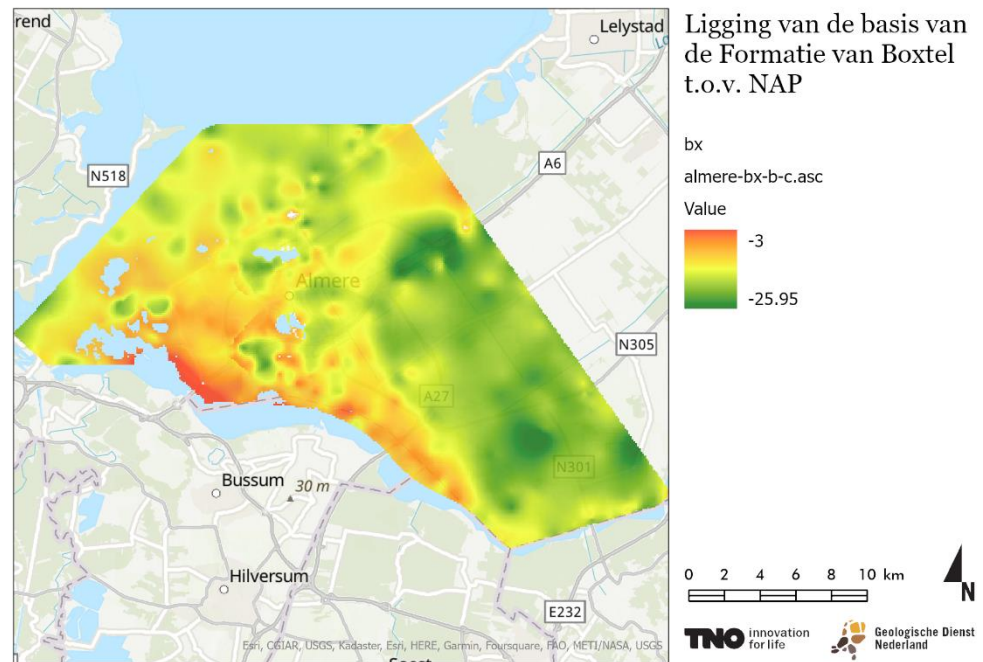
Hieronder worden in het kort de belangrijkste algemene aandachtspunten uit de eindcontroles en het vrijgavesprek van GeoTOP Almere beschreven. Voor de gedetailleerde resultaten van de kwaliteitscontroles wordt verwezen naar het register inzake meldingen modellen ([BRO GeoTOP: detaillering van de bovenste lagen | BROloket](#)).

De uitgevoerde kwaliteitscontroles in het kader van de FQR waren uitgebreid maar niet uitputtend en geven daarom geen garantie dat alle onvolkomenheden zijn geïnventariseerd. Hieronder worden de belangrijkste gevonden onvolkomenheden opgemerkt en geduid.

### 4.1 Lagenmodel

#### *Basis Formatie van Boxtel vertoont een aantal oneffenheden*

De belangrijkste bevinding in het lagenmodel betreft de basis van de Formatie van Boxtel, zie Figuur 1. Het vlak van de basis van de Formatie van Boxtel vertoont oneffenheden waardoor het vlak ongelijkmatiger / grilliger is dan op basis van de afzettingseigenschappen zou mogen worden verwacht. In de algemene trend van de formatie zijn lokaal afwijkingen van ~4 m aanwezig (incidenteel tot 10 m) die geologisch niet plausibel zijn. Het QC-team is van mening dat deze bevinding uitdrukkelijk genoemd moet worden. De basis van de Formatie van Boxtel mag niet gebruikt worden als plausibel geologisch model van de basis van deze Formatie. Deze bevinding is uiteindelijk toch niet zo ernstig dat het QC-team een negatief vrijgaveadvies moest geven. De reden hiervoor is dat de sedimenten aan de basis van de Formatie van Boxtel op het eerste gezicht sterk zullen lijken op die (of afkomstig zijn) van de daaronder liggende Formatie van Kreftenheye. De sedimenten uit deze Formatie bestaan, net zoals die van de Formatie van Boxtel, uit zand, fijn tot matig grof. In het voxelmodel is geen lithologisch onderscheid tussen deze Formaties te zien en zal voor de meeste praktische toepassingen het lithostratigrafische onderscheid niet van doorslaggevende invloed zijn (belangrijke verwachte verschillen zijn de grotere mate van afronding en de uitsortering van korrels in de Formatie van Boxtel, wat zijn weerslag kan hebben op geotechnische en hydrologische eigenschappen). Daar waar de Formatie van Boxtel ligt op de Eem Formatie of op de gestuwde eenheden is tevens sprake van een “zand op zand” contact. Bij het gebruik van het model zal, afhankelijk van het doel, rekening moeten worden gehouden met het feit dat lithologische eigenschappen aan de basis van de Formatie van Boxtel mogelijk afwijken van de te verwachten eigenschappen die bij de Formatie van Boxtel verwacht worden.



Figuur 1: Gemodelleerde basis van de Formatie van Boxtel. Er zijn een aantal oneffenheden en inconsistenties waar te nemen die geologisch niet plausibel zijn.

#### *Inconsistentie tussen boringen en het lagenmodel*

Bij een aantal eenheden wordt afwezigheidsinformatie niet meegenomen (zie totstandkomingsdocument voor een uitleg), vanwege wisselende kwaliteit van de boorbeschrijvingen. Het kan daarom gebeuren dat een eenheid niet in een boring van lage kwaliteit herkend wordt, terwijl de boring wel binnen de verbreiding ligt. Ter plaatse van zo'n boring wordt de eenheid wel gemodelleerd. Daardoor kan de indruk ontstaan dat de betreffende eenheid ten onrechte is gemodelleerd. De eenheden waar afwezigheidsinformatie niet wordt meegenomen zijn:

- AAOP (opgebrachte grond)
- NAWAZU (Formatie van Naaldwijk - Laagpakket van Walcheren - Zuiderzee Laag)
- NAWAAL (Formatie van Naaldwijk – Laagpakket van Walcheren – Almere Laag)
- NIFL (Formatie van Nieuwkoop, Flevomeer Laag)
- NAWO (Formatie van Naaldwijk – Laagpakket van Wormer)
- GE (gestuwde eenheid)

#### *Rivierduinen*

In het gebied komen rivierduinen voor, behorende tot de Formatie van Boxtel. In de kaartgegevens die bij TNO beschikbaar zijn, inclusief archeologische karteringen, zijn ze zichtbaar als smalle, langwerpige structuren. Ze zijn beduidend kleiner dan bijvoorbeeld de rivierduinen in het Rijn-Maasgebied en die langs de IJssel. Ze zijn ook veel kleiner dan de rivierduinen langs de (voormalige) Overijsselse Vecht in de Noordoostpolder.

Gezien de geringe omvang van de rivierduinen in het gebied zullen ze in het model slecht zichtbaar zijn, omdat ze grotendeels weg zullen vallen bij de verrastering naar gridcellen van 100x100 m.

#### *Venige eenheden binnen de Formatie van Nieuwkoop.*

Het onderscheid tussen de venige eenheden (Basisveen Laag, Hollandveen Laagpakket en Flevomeer Laag, allen onderdeel van de Formatie van Nieuwkoop) is in boringen met een slechte boorbeschrijving moeilijk te maken. Daardoor is het lithostratigrafisch model voor deze lagen niet altijd betrouwbaar. De betrouwbaarheid van de interpretatie die gebruikt is in de modellering van de Flevomeer Laag (NIFL) hangt in belangrijke mate af van de consistentie van de handmatig gelabelde boringen. Deze boringen zijn door de voormalige Rijksdienst IJsselmeer Polders (RIJP) geïnterpreteerd en in de database als stratigrafie 1975 opgeslagen. Inconsistenties in de labeling werken door in het model van de Flevomeer laag. Ook spelen de soms dikke beschrijvingsintervallen een rol, waardoor de Flevomeer Laag niet als aparte laag wordt herkend. Het gevolg kan zijn dat de Flevomeer Laag te dik is gemodelleerd of de andere venige lagen te dun.

In het model resulteren deze inconsistente interpretaties soms in “putjes” (1m tot incidenteel 2 m verschil met de omgeving) in de basis van de Flevomeer Laag.

## **4.2 Voxelmodel**

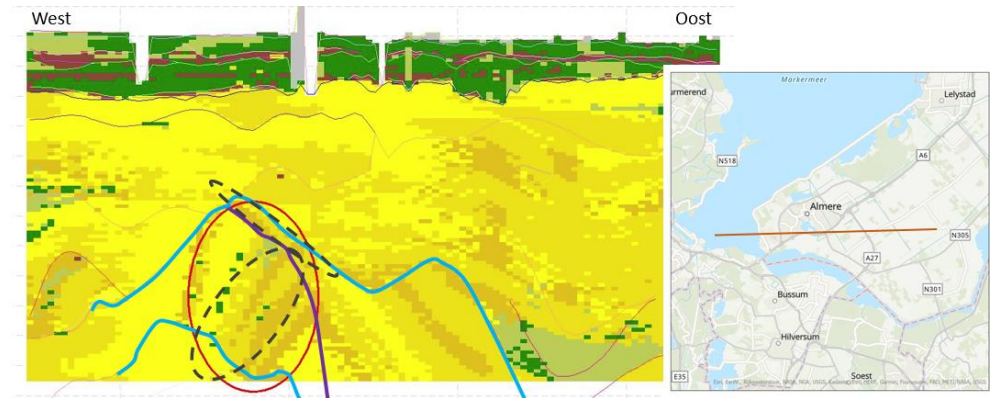
#### *In de gestuwde eenheden hellen de lithoklassen contra-intuïtief*

De hellingen van de sedimenten in de stuwwallen zijn gebaseerd op een landelijke contourlijnenkaart die een eerste orde beeld geeft van de structuur in de stuwwallen. Voor de ondergrond van dit GeoTOP modelgebied is de structuur hypothetisch; er is geen informatie over beschikbaar. Het structuur model is zo goed als mogelijk ingeschat op basis van kennis uit enigszins vergelijkbare gebieden, zoals de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe. Bij de voxelmodellering wordt deze informatie betrokken (zie voor de technische procedure het totstandkomingsdocument).

De stuwwal in het Almere-gebied wordt begrensd door twee glaciële bekkens: het Bekken van Amsterdam aan de westzijde en het Bekken van Amersfoort aan de oostzijde. In de stuwwal zien we daarom twee compartimenten die tegengesteld hellende lagen laten zien. In Figuur 2 is een voorbeeld te zien.

De structuur is belangrijk voor het inschatten van de hydrogeologische situatie (aquifers en aquitards wisselen elkaar af, in scheef gestelde posities), en voor de voorkomens van grof zand-grind. Het gestuwde deel van het lithoklasse model kan niet gebruikt worden om bijvoorbeeld een gedetailleerd hydrologisch model te maken. Daarvoor is meer gedetailleerde kennis nodig over de daadwerkelijke structuur in de ondergrond van Almere e.o.





Figuur 2. Contra-intuïtieve helling van gestuwde eenheden in voxelmodel in de rode cirkel. De blauwe lijnen geven de top en basis van de gestuwde eenheid weer, de paarse lijn is de grens tussen de twee stuwingsrichtingen. In de bovenste zwarte ellips hellen de sedimenten anders dan in de onderste zwarte ellips doordat de gestuwde eenheid gevormd is vanuit twee glaciale bekkens. Profiellijn is weergegeven in de kaart.

*In het voxelmodel komen “zuilen” voor.*

In het voxelmodel komen soms “zuilen” voor van een bepaalde lithoklasse in een omgeving die een andere lithoklasse heeft. De reden hiervoor ligt in het voorkomen van minder nauwkeurig beschreven boringen (dikke intervallen, summiere beschrijving). Het is niet wenselijk deze boringen te verwijderen omdat de datadichtheid voor met name de pleistocene eenheden daarmee nog geringer wordt dan nu reeds het geval is. Daarom wordt het effect ervan, nl. het voorkomen van “zuilen”, geaccepteerd.

## 5 Ondertekening

Naam en paraaf tweede lezer

J.C. Stam Msc.

Ondertekening

Autorisatie vrijgave

Drs. J.L. Gunnink  
Auteur

Drs. D. Maljers  
Research manager