

› **3D-MODELLERING IN EEN STEDELIJKE OMGEVING**  
**JEROEN SCHOKKER - GEOLOGISCHE DIENST NEDERLAND**

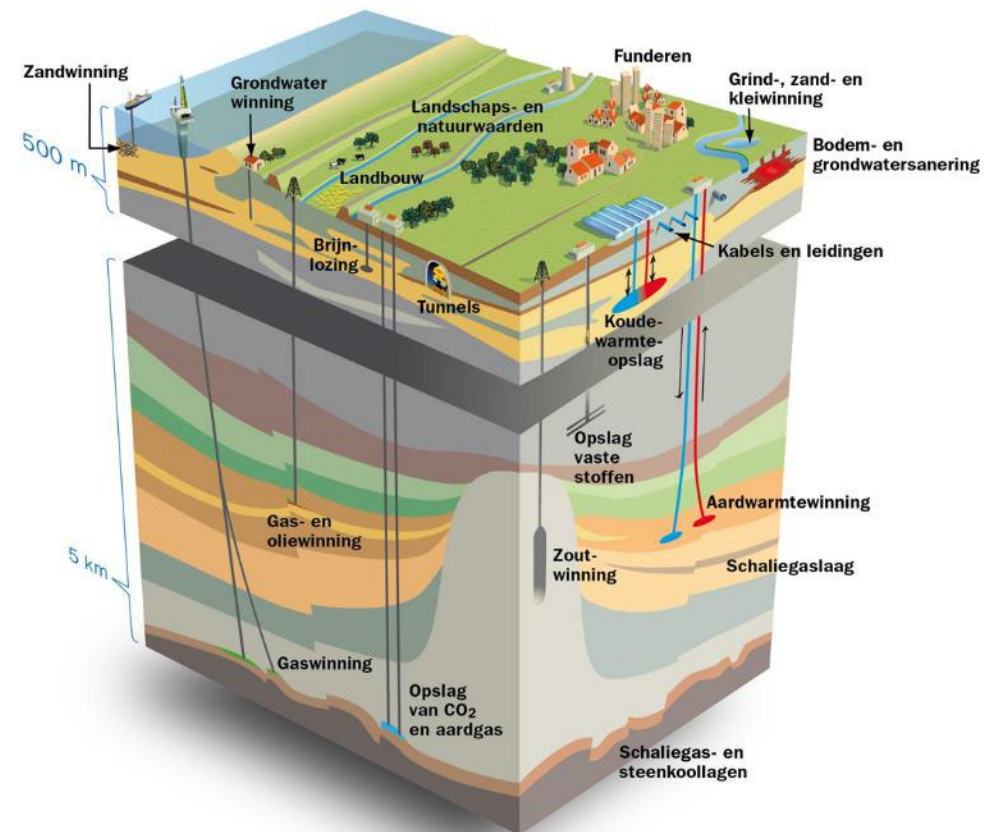
dinsdag 21 juni 2022

# › OPBOUW VAN DE PRESENTATIE

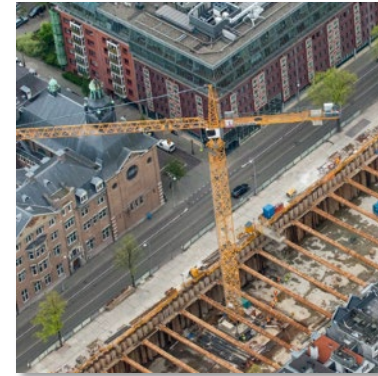
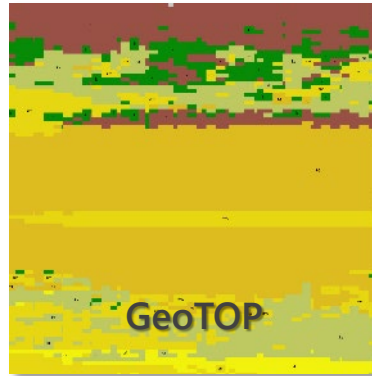
- › 3D-modellering bij TNO-Geologische Dienst Nederland
- › Wat maakt modelleren van de stedelijke / bebouwde ondergrond anders?
- › Ontwikkelingen?
  - › Gebruik andere gegevenstypen en verhogen resolutie
  - › Karteren en karakteriseren van antropogene afzettingen

# › 3D MODELLEN WAT ZIJN HET?

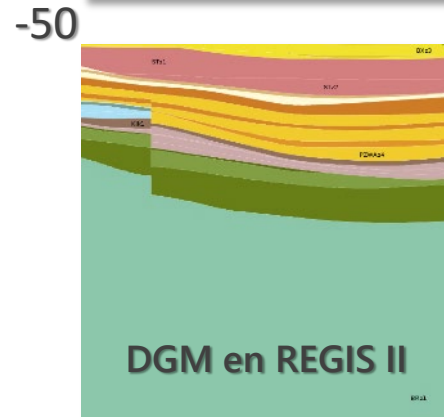
- › Schattingen van geometrie en eigenschappen van de ondergrond
- › Opvolgers van geologische kaarten
- › Kwantitatief en stochastisch (onzekerheden)
- › Regionaal en landsdekkend
- › Toepassingsgericht



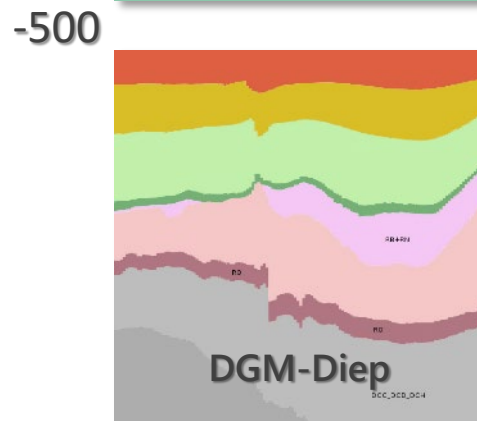
# 3D MODELLEN DIEPTEBEREIK, TOEPASSINGSGEBIED EN BRONDATA



boringen  
*geautomatiseerde  
interpretatie*



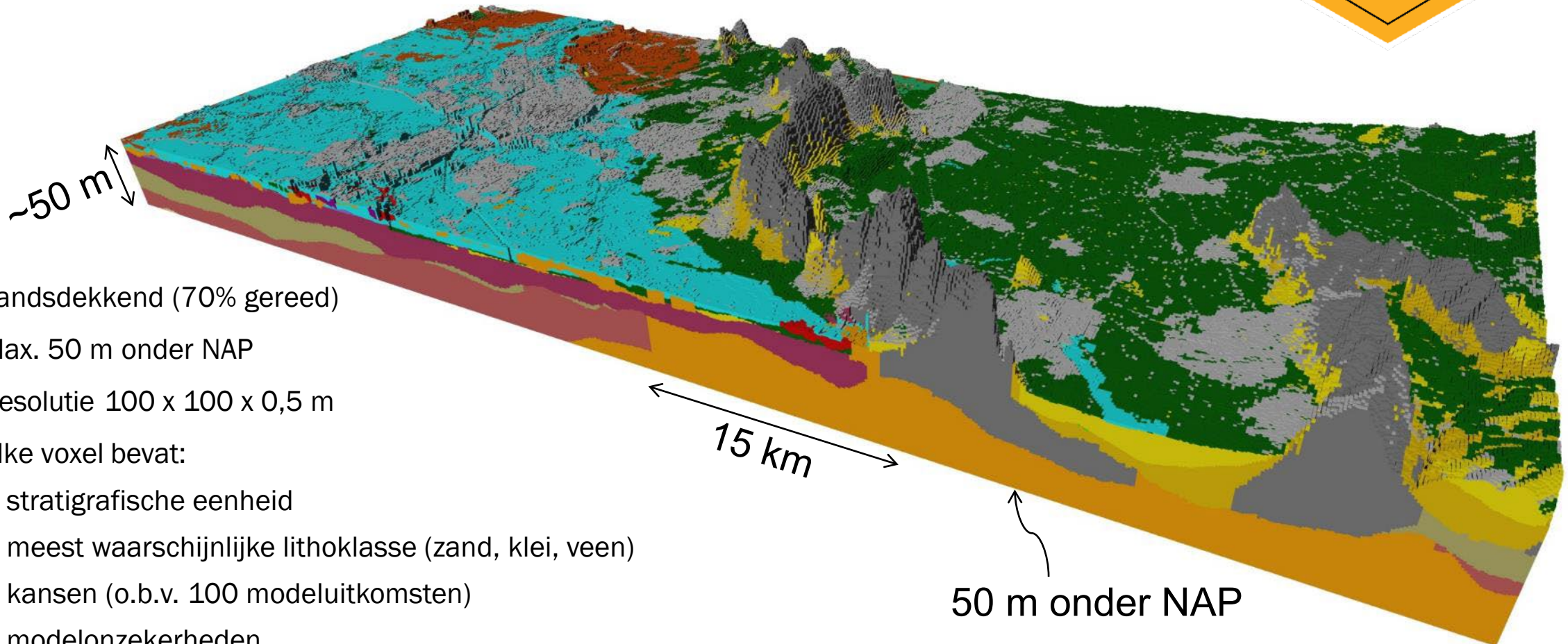
boringen & logs  
*handmatige  
interpretatie*



putten &  
2D-, 3D-seismiek

-5000 m

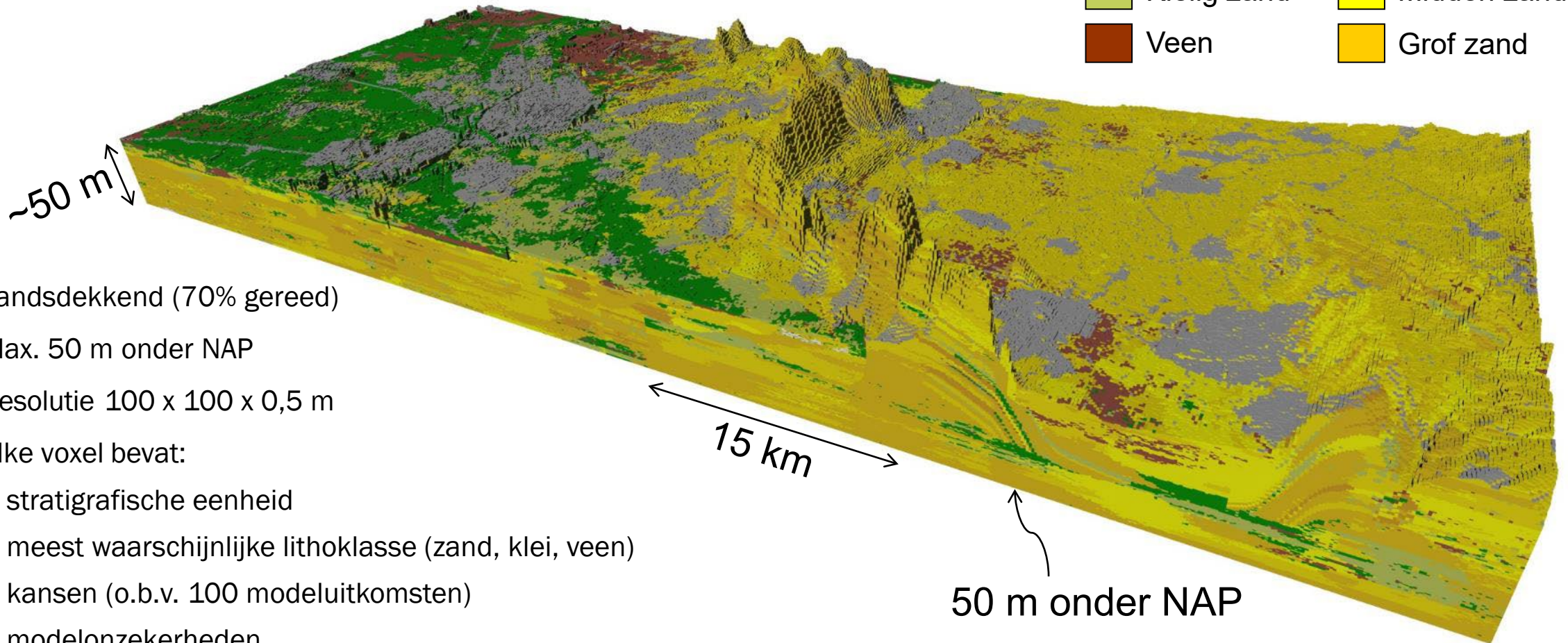
# › VOXELMODEL GEOTOP STRATIGRAFISCHE EENHEDEN



- › Landsdekkend (70% gereed)
- › Max. 50 m onder NAP
- › Resolutie 100 x 100 x 0,5 m
- › Elke voxel bevat:
  - › stratigrafische eenheid
  - › meest waarschijnlijke lithoklasse (zand, klei, veen)
  - › kansen (o.b.v. 100 modeluitkomsten)
  - › modelonzekerheden

# › VOXELMODEL GEOTOP LITHOKLASSEN

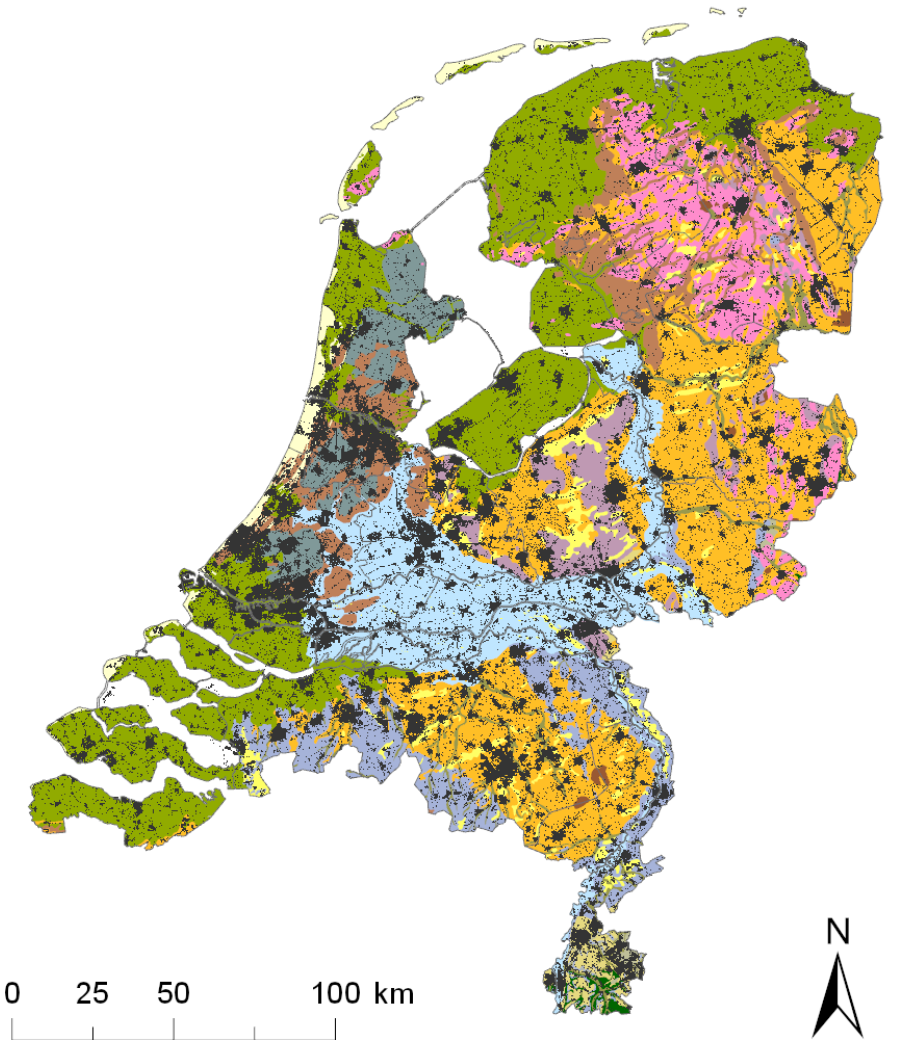
■	Antropogeen	■	Fijn zand
■	Klei	■	Midden zand
■	Kleiig zand	■	Grof zand
■	Veen		



- › Landsdekkend (70% gereed)
- › Max. 50 m onder NAP
- › Resolutie 100 x 100 x 0,5 m
- › Elke voxel bevat:
  - › stratigrafische eenheid
  - › meest waarschijnlijke lithoklasse (zand, klei, veen)
  - › kansen (o.b.v. 100 modeluitkomsten)
  - › modelonzekerheden

# › STEDELIJKE / BEBOUWDE OMGEVING

- › In de bebouwde omgeving is de natuurlijke ondergrondopbouw vaak sterk veranderd door de mens:
  - › Stadscentra: dik en divers pakket ophoogmateriaal gerelateerd aan historische stadsontwikkeling ('ondergronds archief')
  - › Buitenvijken en industriegebieden: uitgestrekte, dikke pakketten ophoogzand
  - › Wegen en spoorlijnen: gefundeerd op natuurlijke aggregaten en niet-natuurlijke materialen
  - › Dijken en kustverdediging: veen, klei, zand, stortsteen
  - › 'Landscaping': parken, golfbanen
  - › Stortplaatsen



# › 3D-ONDERGRONDMODELLEREN IN DE BEBOUWDE OMGEVING

- › Enorme diversiteit aan ondergrondgerelateerde vragen
  - › Geotechniek en bouwstabiliteit
  - › 3D-ruimtelijke planvorming, incl. relatie met de bovengrond
  - › Mitigeren van (toekomstige) klimaateffecten
  - › Energietransitie en natuurlijke hulpbronnen (warmte, water)
  - › Behoud van (archeologisch) cultureel erfgoed
- › Intensief en meervoudig gebruik van de ondergrond vraagt om gegevens en modellen met een grote nauwkeurigheid en hoge resolutie
- › Gegevensbeschikbaarheid en -verzameling
  - › Andere gegevenstypes (geotechnisch, historisch, archeologisch, milieukundig, ...)
  - › Verzamelen van nieuwe gegevens is vaak lastig
  - › Veel gegevens bij derde partijen



# › 3D-ONDERGRONDMODELLEREN IN DE BEBOUWDE OMGEVING

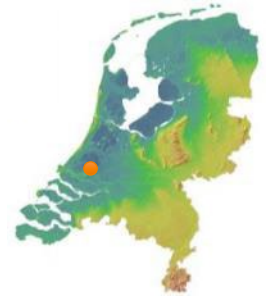
- › Aanwezigheid van antropogene afzettingen / opgebrachte grond
  - › Verbreiding en dikte zijn niet goed bekend
  - › Aanwezigheid niet-natuurlijke materialen
  - › Lithologische samenstelling en eigenschappen zijn sterk variabel
  - › Sedimentologische en stratigrafische principes gaan niet altijd op
- › Aanwezigheid van antropogene objecten
  - › Gebouwen, incl. funderingen
  - › Tunnels en damwanden
  - › Kabels en leidingen
  - › Archeologische resten
- › Opbouw en eigenschappen van de ondergrond kunnen snel veranderen, waardoor ondergrondgegevens niet altijd de huidige condities representeren

## › DOELSTELLINGEN TNO-GDN

Doel: “De ondergrond van de bebouwde omgeving is in voldoende detail gevat in 3D-ondergrondmodellen en vormt daarmee een betrouwbare en onmisbare informatiebron voor een breed scala aan toepassingen en verschillende belanghebbenden”

- › Naadloze aansluiting en interactie met bovengrondse datasets, geschiktheid voor scenariostudies, schaalbaar, aan te passen aan de specifieke toepassing
- › Gebruiken aanvullende databronnen in de 3D-modellering
  - › Sonderingen, Kadastergegevens (Top10NL), historische en archeologische gegevens
- › Verbeteren kartering en karakterisering van opgebrachte grond
  - › Lithologische eigenschappen (ook van niet-natuurlijke materialen)
  - › Stratigrafische onderverdeling
- › Verbeteren werkproces 3D-modellering
  - › Zorgen voor aansluiting bij bovengrondse 3D-modellen
  - › Toevoegen antropogene objecten (damwanden, tunnels, etc.)

# › PROJECT 1: ROTTERDAM

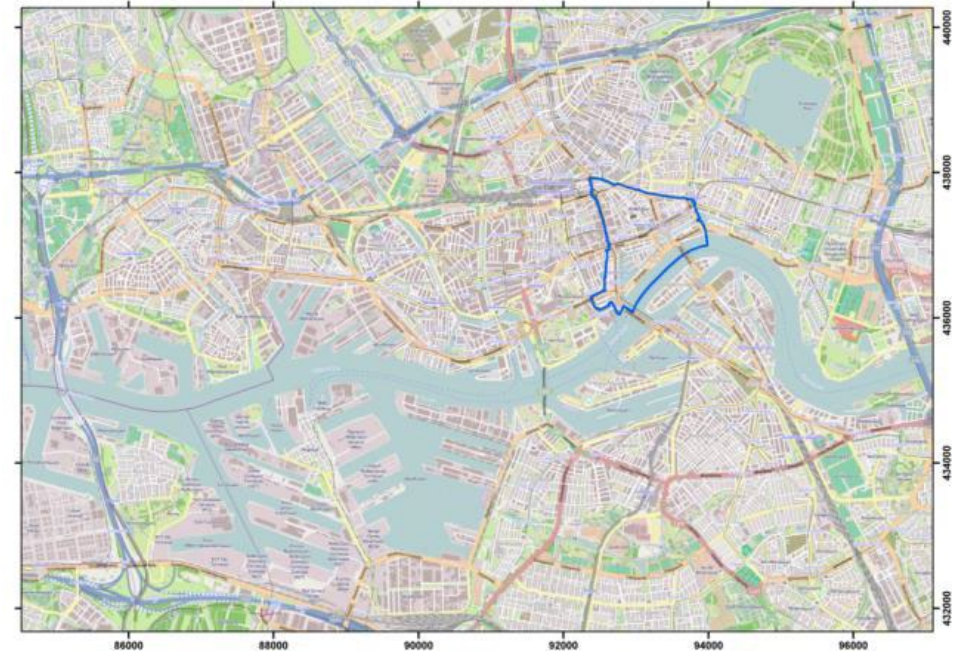


Doel:

- › Vergroten van de mogelijkheden om 3D-ondergrondmodellen (met name GeoTOP) te gebruiken in het stedelijke 3D-planvormingsproces

Hoe?

- › Gebruiken aanvullende informatie om de modelresolutie te kunnen verhogen
- › Verbeteren van de kartering en karakterisering van antropogene afzettingen
- › Ontwikkelen van 3D-visualisatietechnieken om boven- en ondergrondse gegevens te combineren



# › GEBRUIK SONDERINGEN...



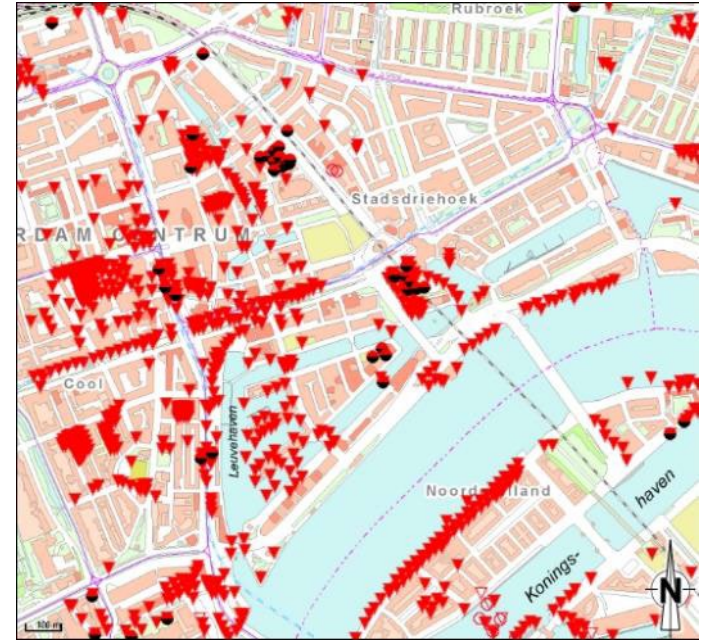
BRO/DINO boorbeschrijvingen  
ca. 750 datapunten

+



BRO/DINO digitale sonderingen  
ca. 2500 datapunten

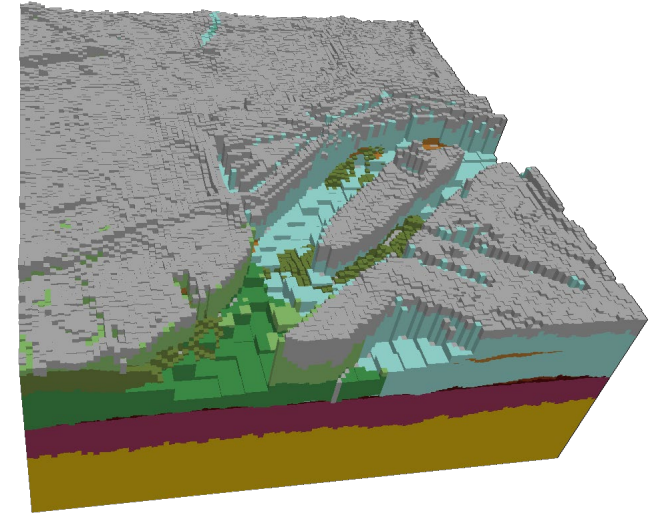
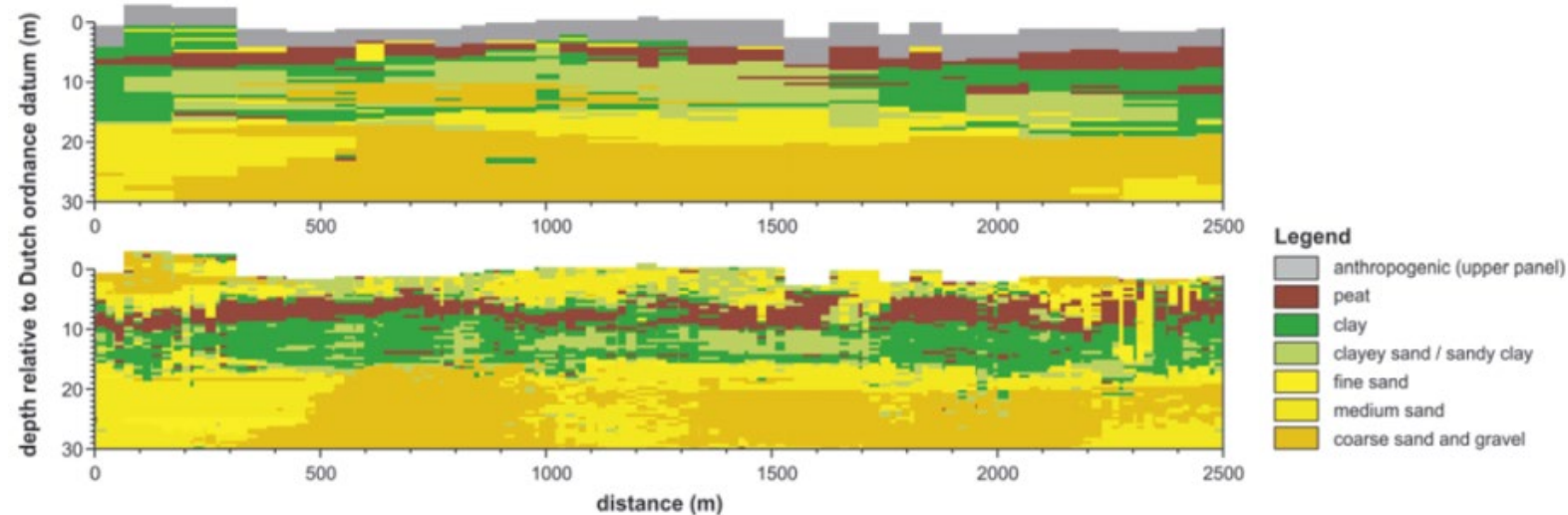
+



Sonderingen database Rotterdam

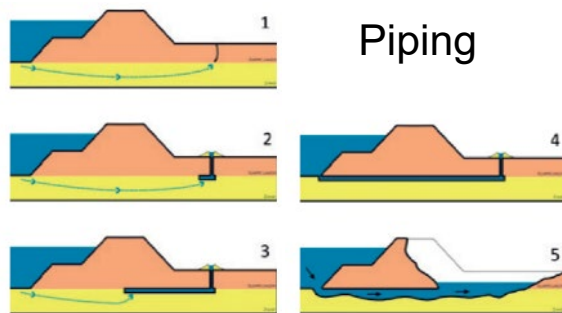
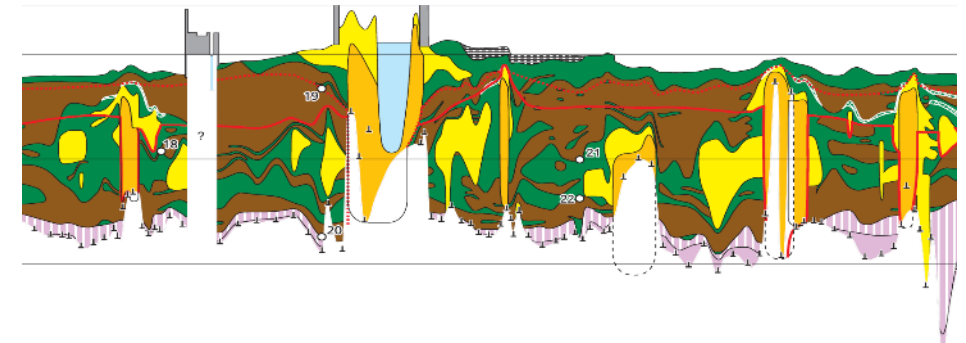
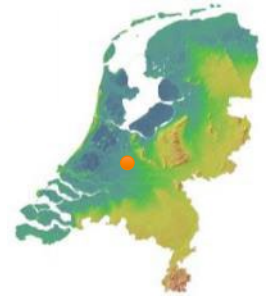
## › ...HOGERE RESOLUTIE

- › Resolutie 25 \* 25 \* 0,2 m (40x zoveel voxels...)
- › Meer detail, maar ook nieuwe inzichten

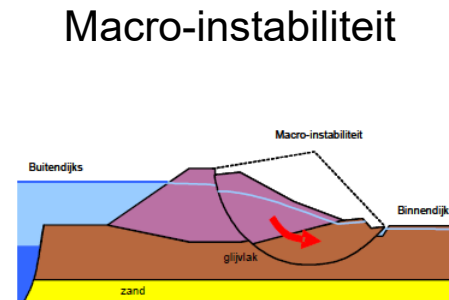


## PROJECT 2: STERKE LEKDIJK

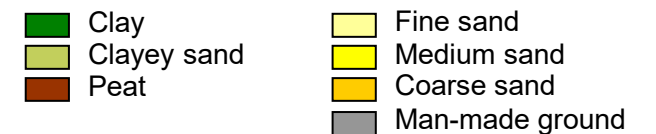
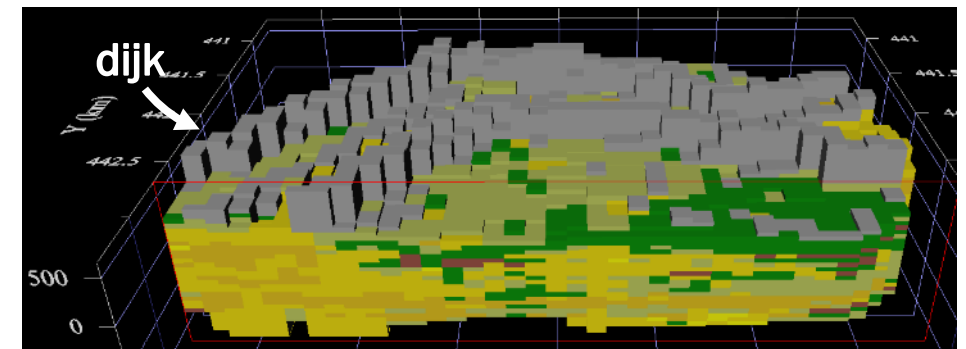
- › Lekdijk heeft een complexe, slappe holocene ondergrond
- › GeoTOP heeft een horizontale resolutie van 100 m
- › Planning versterkingsopgave vraagt gedetailleerdere kennis over lithologie en doorlatendheid



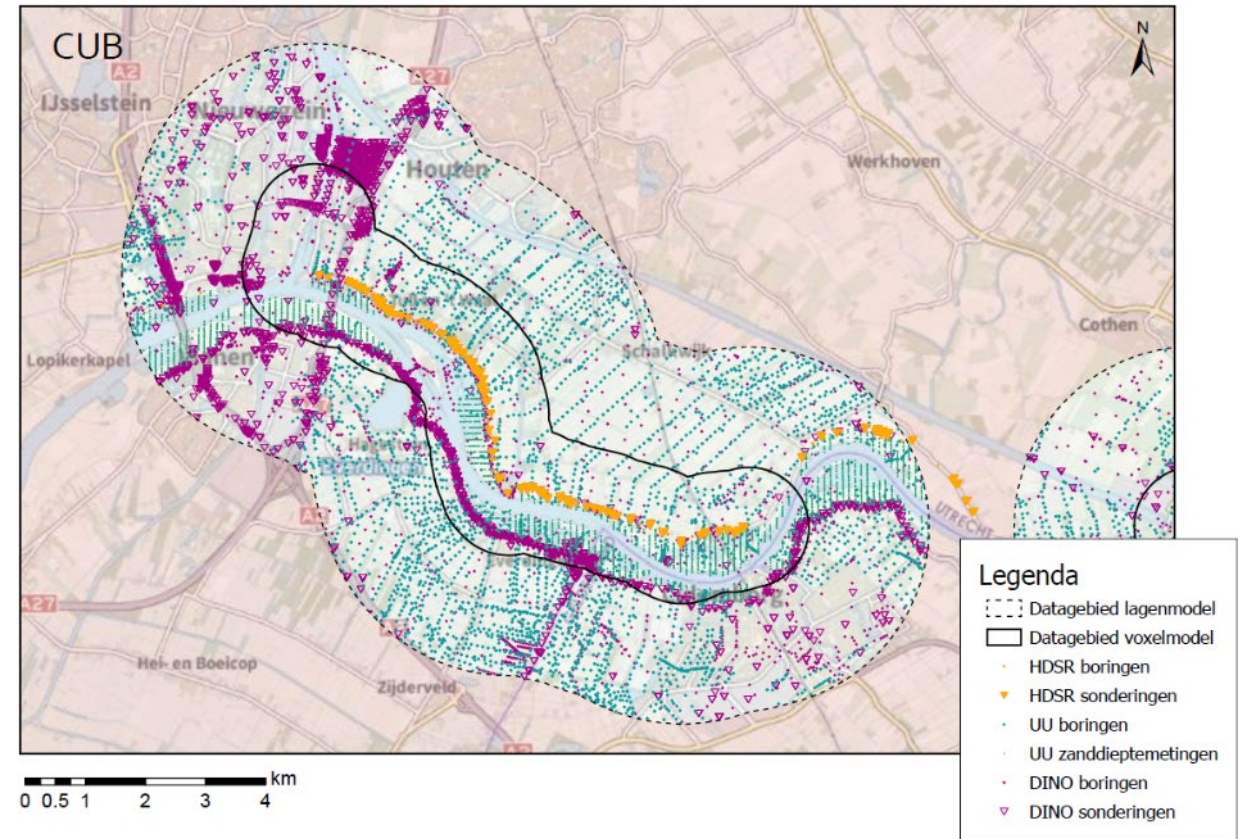
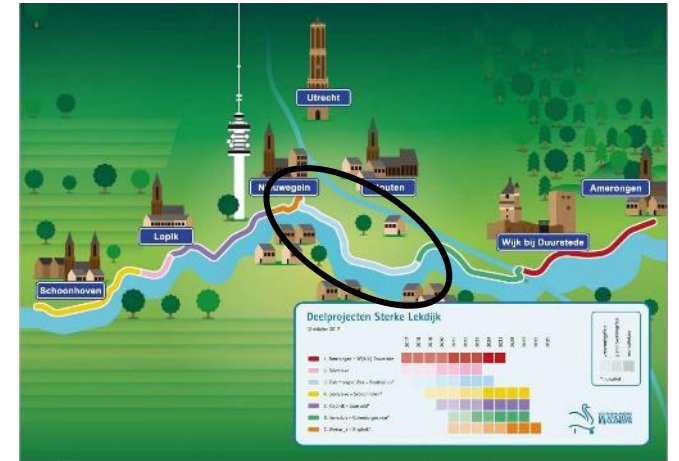
Piping



Macro-instabiliteit



# GEBRUIK ALLE BESCHIKBARE BOOR- EN SONDEERINFORMATIE

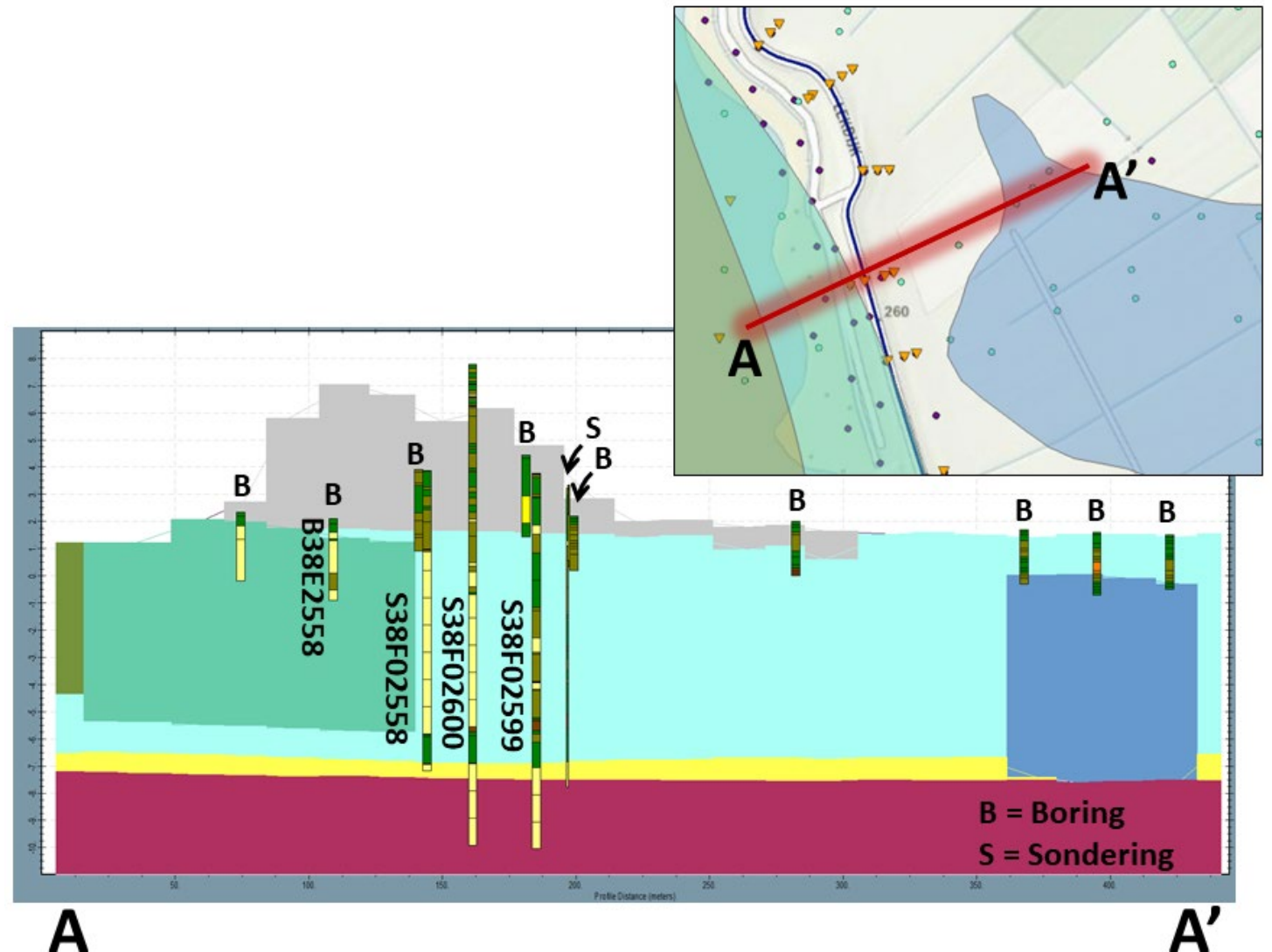


## › LITHOLOGIE ONDER DE DIJK

- › Lithologische interpretatie van sonderingen m.b.v. Neuraal Netwerk
- › Sonderingen vaak tot in Pleistoceen
- › Boringen vaak ondieper

Wat levert het op:

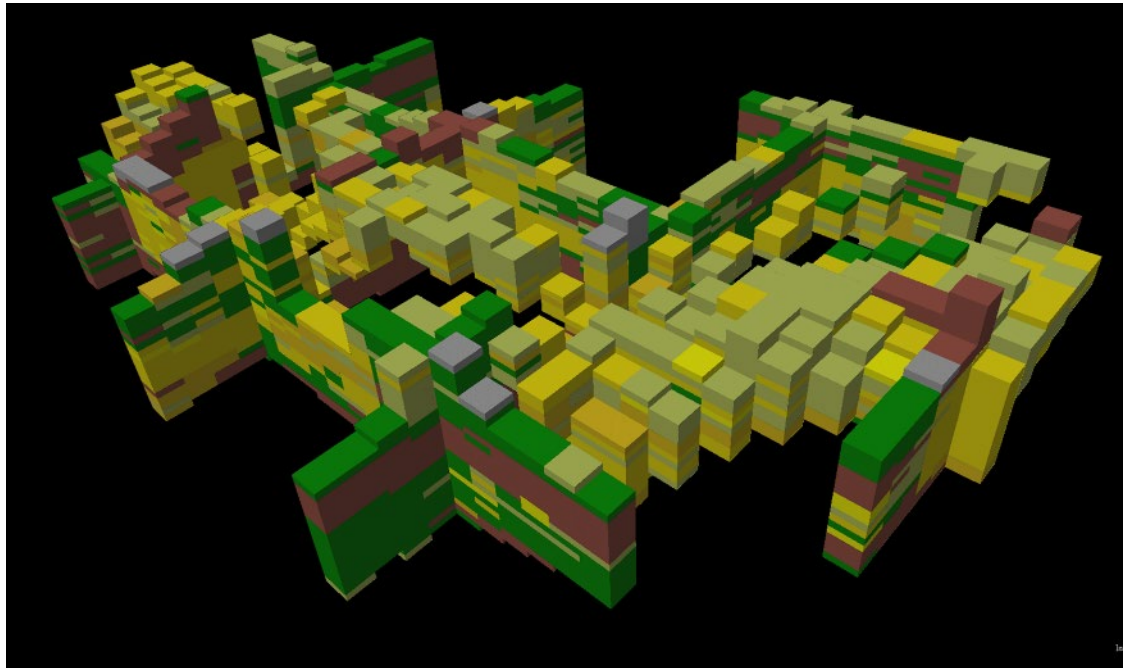
- › Betere inschatting van lithologie direct onder het dijklichaam
- › Betere inschatting van begrenzing zandige geulafzettingen



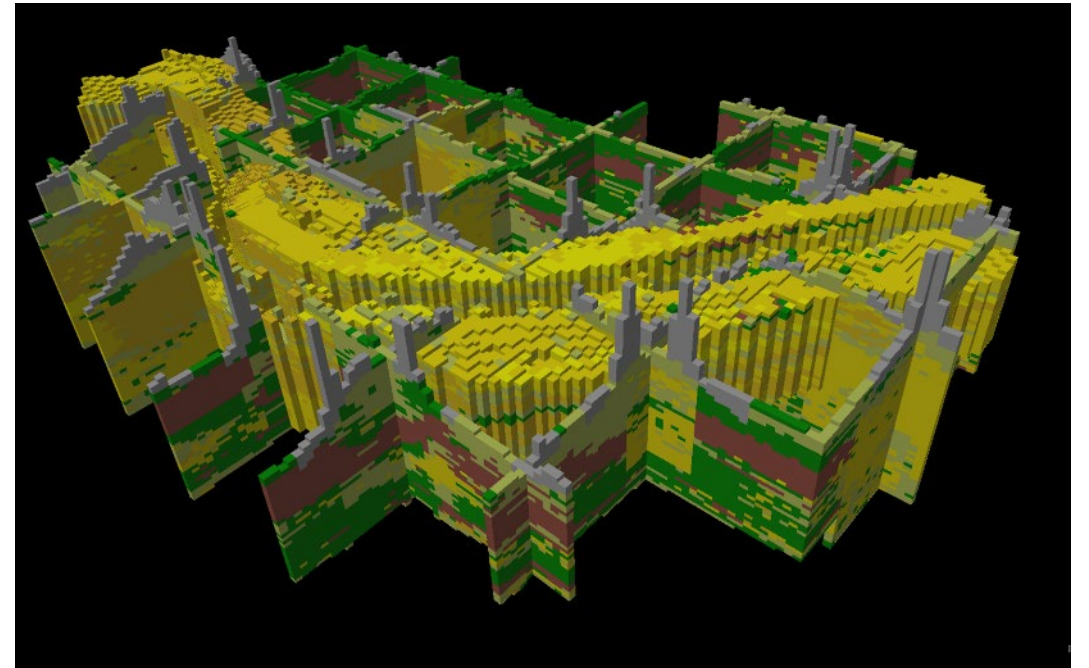


# › HOGE-RESOLUTIEMODEL

GeoTOP

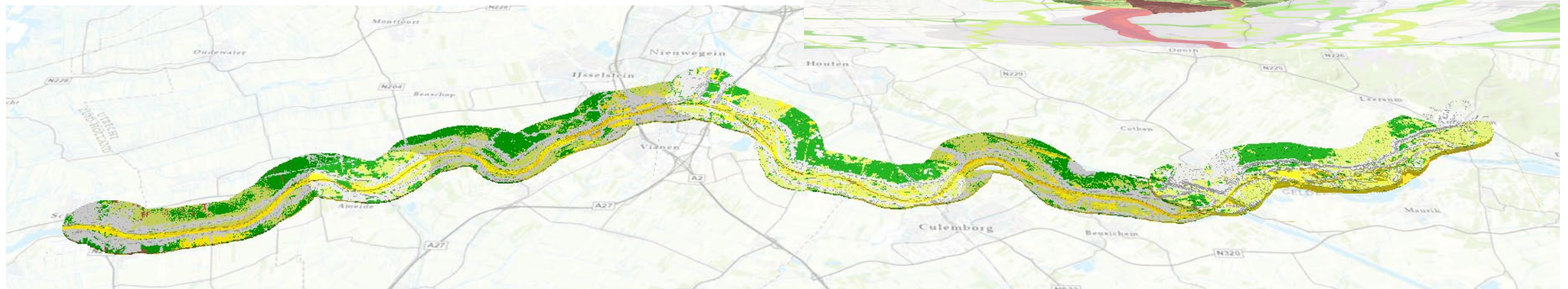


Sterke Lekdijkmodel



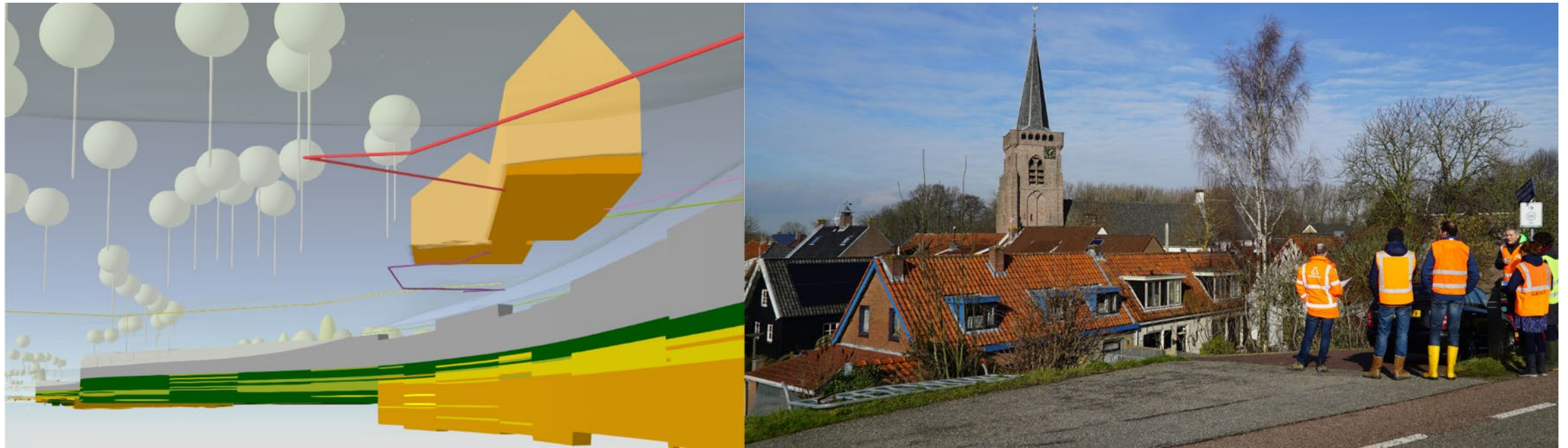
# TOEPASSING BINNEN HDSR UITROL MODELLEN

- › Omzetting naar GIS-modellen
- › Delen data via GIS-portaal en als bronbestanden
- › Afgeleide producten:
  - › Dwars- en lengteprofielen (via generator)
  - › Deklaagdikte-kaarten



# › DIGITAL TWIN

- › Informeren van belanghebbenden en het algemene publiek
- › Niet alleen informatie over welke maatregelen nodig zijn, maar ook waarom deze maatregelen nodig zijn

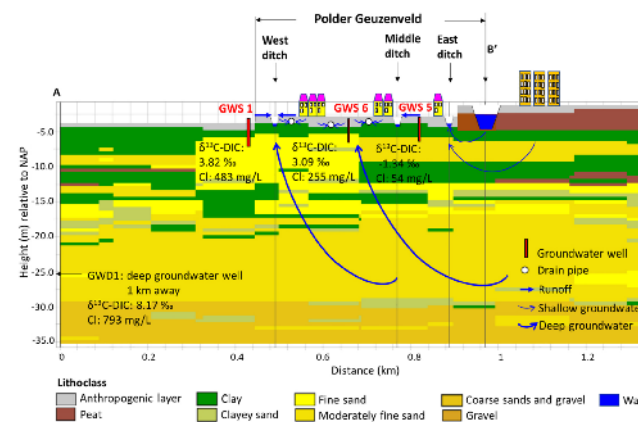
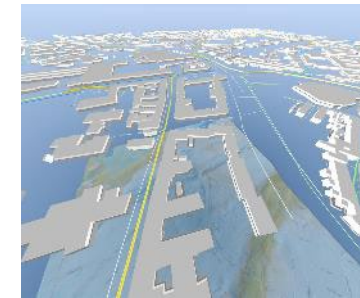


# › MODELLEREN VAN ANTROPOGENE AFZETTINGEN

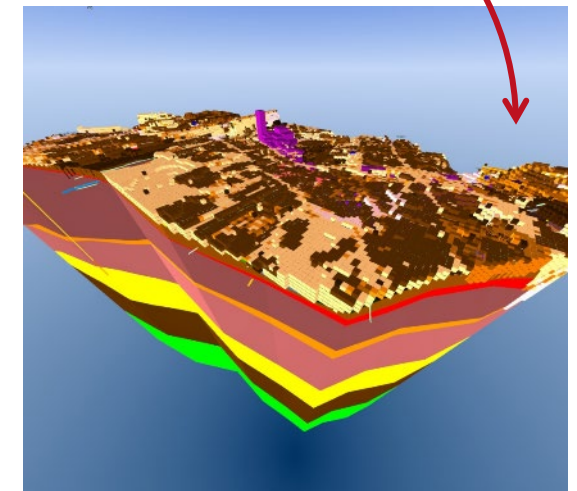
Antropogene afzettingen ('opgebrachte grond') vormen de link tussen de natuurlijke ondergrond en de bovengrond

- › Karakteristieken en eigenschappen van de antropogene afzettingen beïnvloeden modeluitkomsten
- › Modelleren van antropogene afzettingen overbruggt het schaal- en informatiegat dat bestaat tussen de natuurlijke ondergrond en de bovengrond

Het expliciet modelleren van antropogene afzettingen zorgt voor sterk verbeterde gebruiksmogelijkheden van ondergrondinformatie in het stedelijk gebied!



Yu et al., 2019



Mielby et al., 2016

# › ANTROPOGENE AFZETTINGEN: NATUURLIJKE EN NIET-NATUURLIJKE MATERIALEN

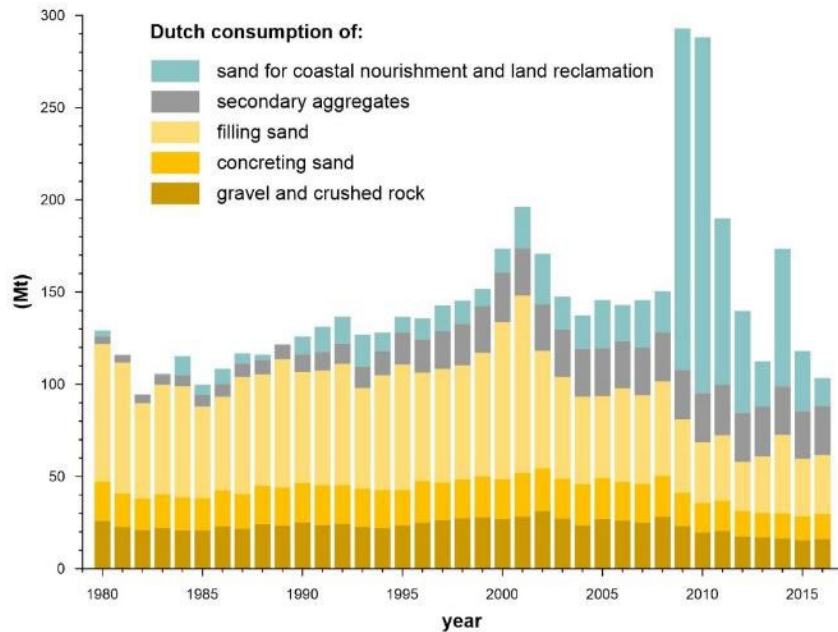
Ophoogzand



Bodemass  
Staalslak  
Menggranulaat

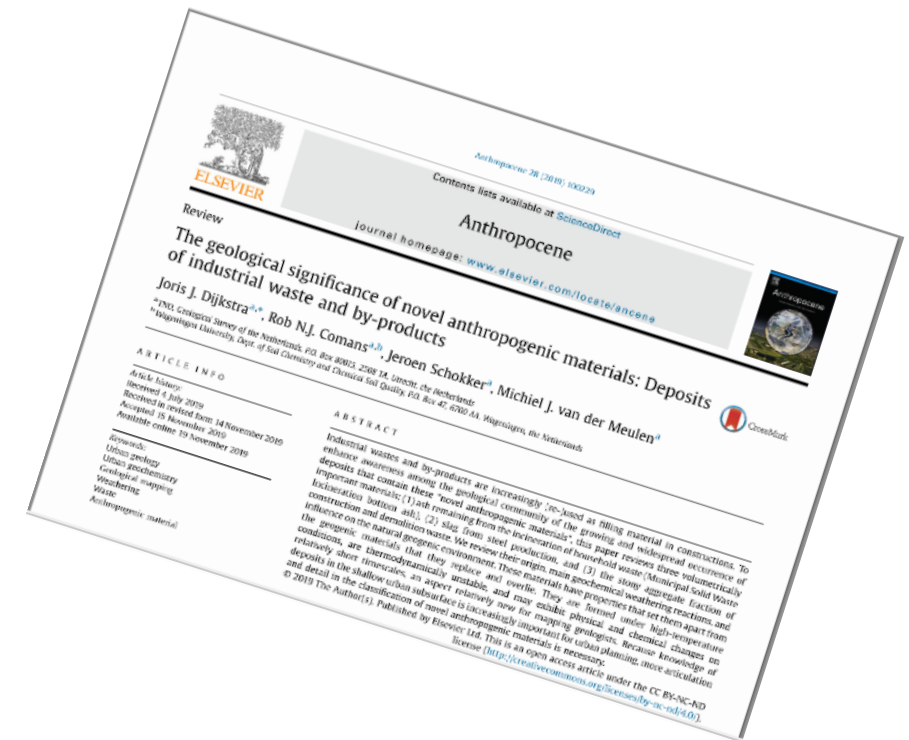


# NIET-NATUURLIJKE MATERIALEN: GEOLOGISCH SIGNIFICANT



Secundaire aggregaten (industriële reststoffen) vervangen al ca. 40% van het benodigde ophoogzand

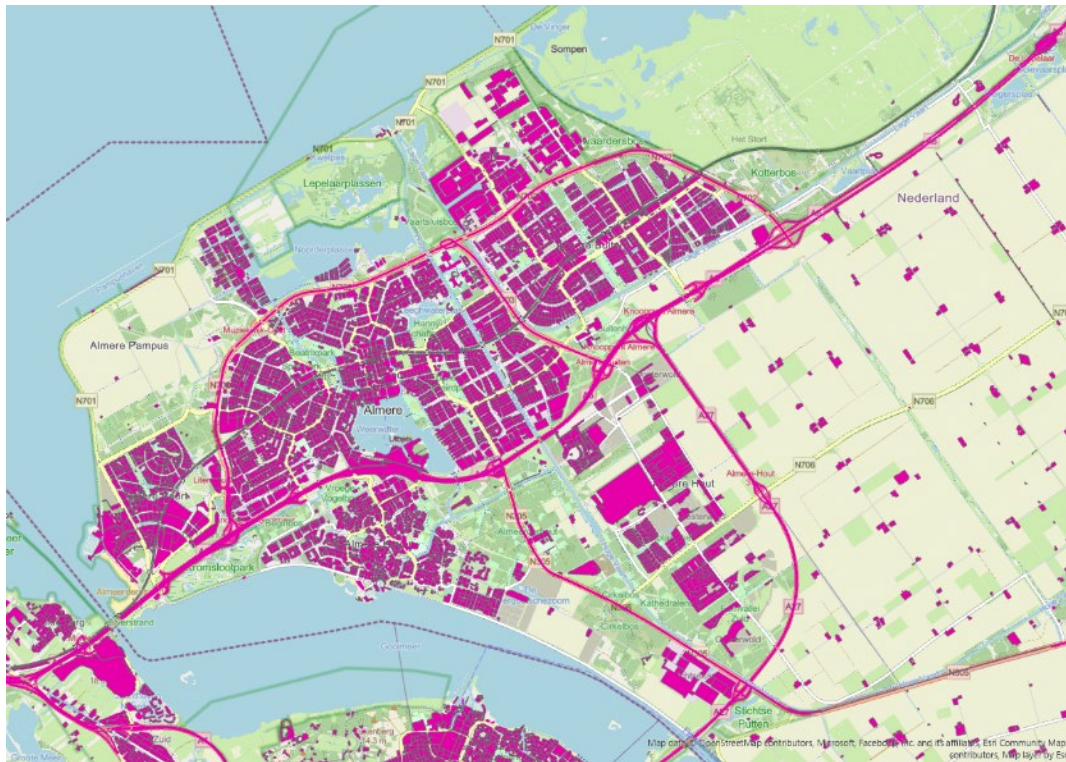
Van der Meulen et al., in press, NJG



Dijkstra et al., 2019, Anthropocene

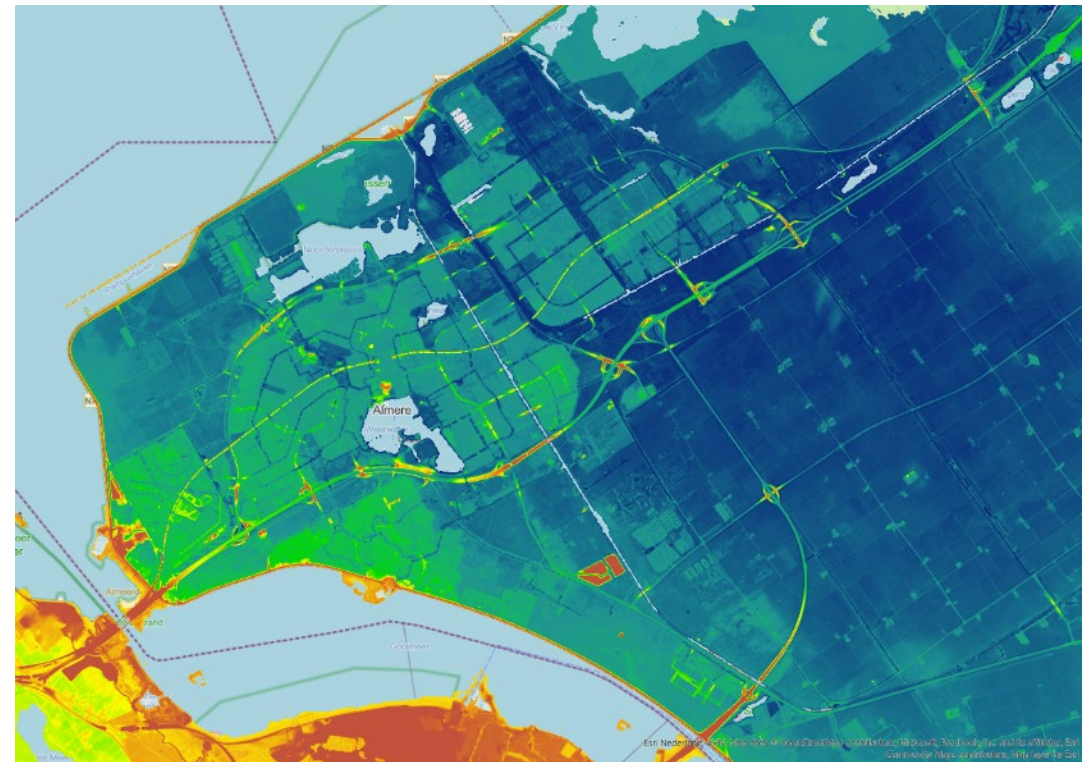
# › KARTERING EN KARAKTERISERING VAN ANTROPOGENE AFZETTINGEN

Verbreiding



Top10NL

Dikte



AHN4

## › OM MEE NAAR HUIS TE NEMEN...

- › Voor 3D-stedelijke ondergrondmodellen met een grote nauwkeurigheid zijn voldoende en actuele gegevens nodig met een hoge resolutie
- › Het expliciet modelleren van antropogene afzettingen vormt de sleutel om 3D-modellen van de bovengrond en de ondergrond te kunnen koppelen
- › “Out-of-sight, out-of-mind”: slimme visualisatietechnieken (e.g. digital twins) helpen om de uitdagingen en mogelijkheden van de ondergrond te communiceren naar belanghebbenden en het algemeen publiek





› **BEDANKT VOOR  
UW AANDACHT**

**TNO** innovation  
for life