

A 3D visualization of a delta region, likely the Dutch delta, showing a complex network of waterways and land. The model is semi-transparent, revealing underground structures and infrastructure. The water bodies are colored in shades of blue and cyan, while the land is shown in various colors representing different geological or land-use layers. The overall scene is a detailed, aerial-style view of the region's subsurface and surface features.

3d-modellering van de ondergrond: Fundament voor de delta-opgaven van nu en morgen

Peter de Graaf
Business Consultant
Geodan



Peter de Graaf

Fysisch Geograaf met als expertisegebieden:

- Digitale ruimtelijke informatie
- Kwartairgeologie / ondergrond
- Grondmechanica / hydrologie

 @GeodanNL

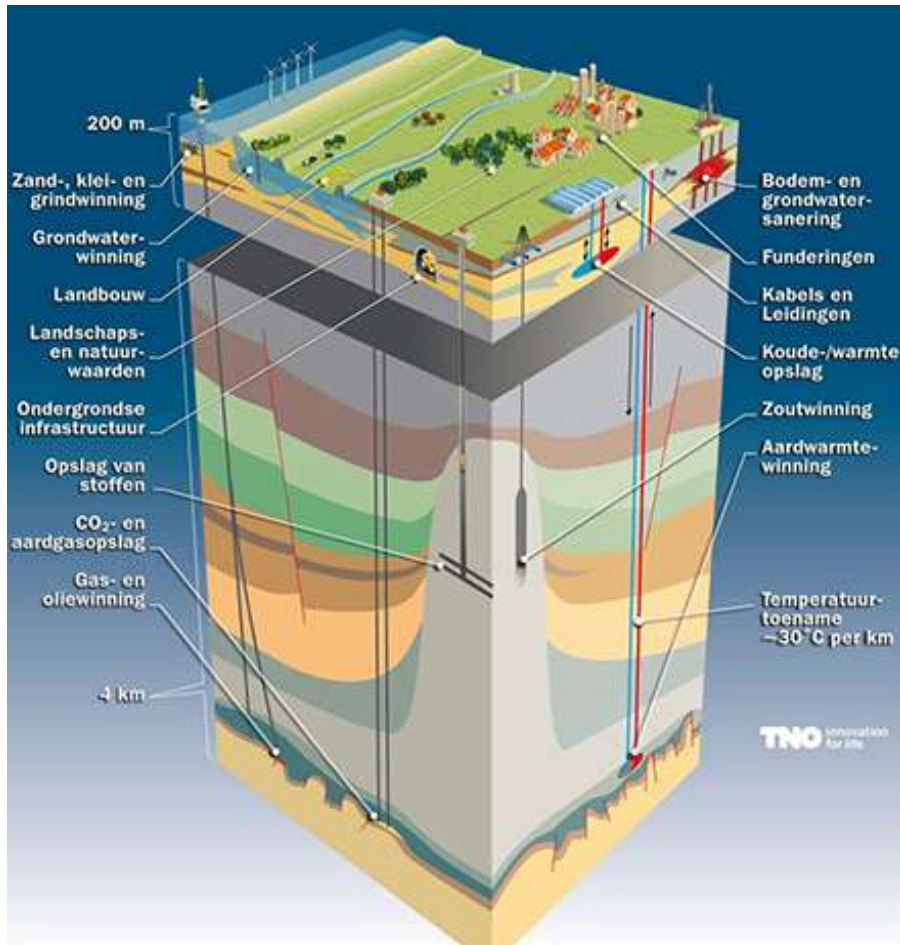
 Peter.de.Graaf@geodan.nl

 06-12010686



Agenda

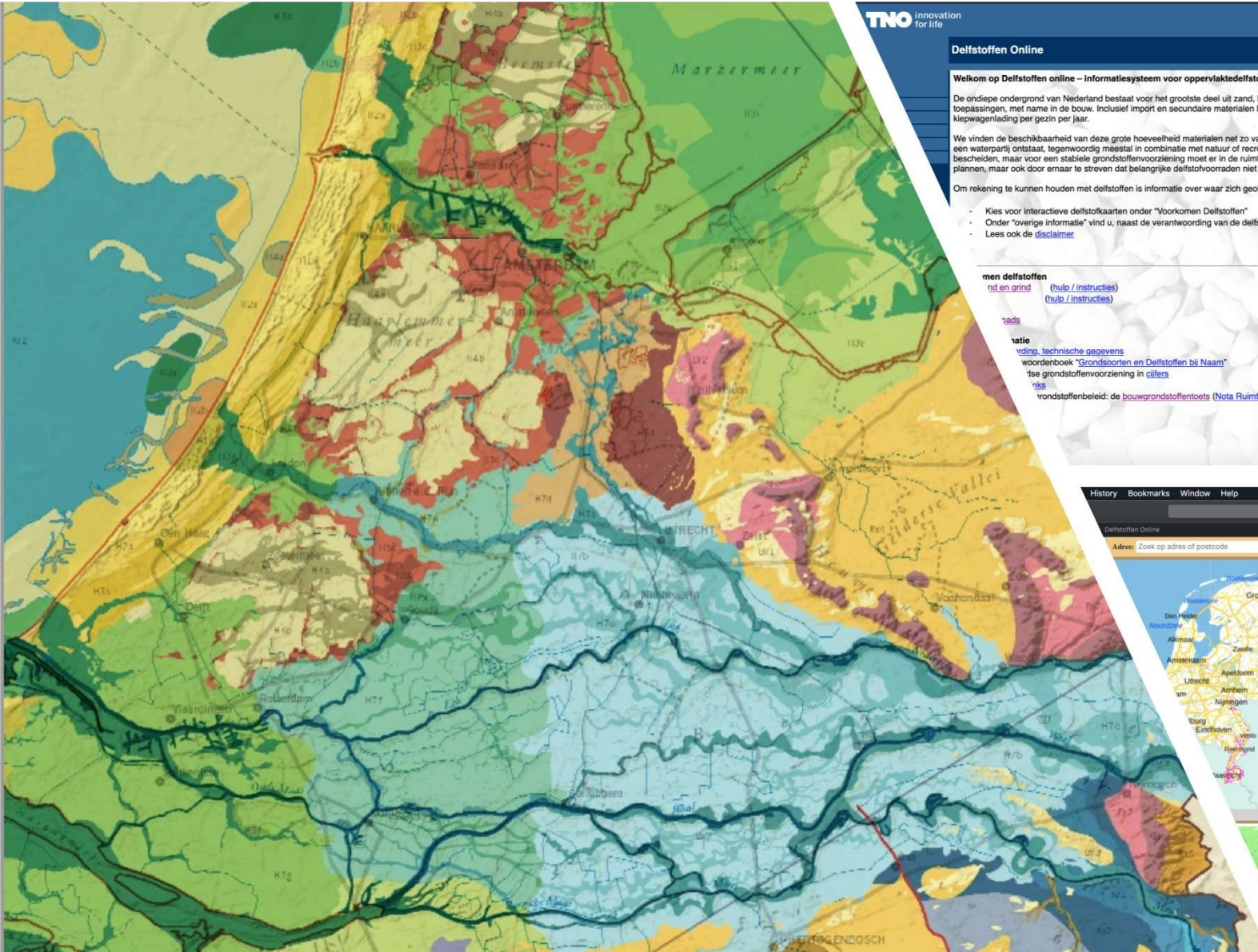
1. Korte inleiding ondergrond
2. Introductie van de BRO
3. Quick scan
4. Digital Twin Sterke Lekdijk
5. Verfijnd ondergrondmodel
6. Vertaling naar Geotechniek
7. Demonstratie Sterke Lekdijk
8. Vragen en discussie



01

De ondergrond

“Zo goed als we de bovengrond kennen zo slecht kennen we de ondergrond”



Delfstoffen Online

Weikom op Delfstoffen online – informatiesysteem voor oppervlaktedelfstoffen in Nederland

De ondiepe ondergrond van Nederland bestaat voor het grootste deel uit zand, klei en grind. Er wordt van deze materialen ongeveer 90 mln ton per jaar gewonnen voor verschillende toepassingen, met name in de bouw. Inclusief import en secundaire materialen ligt het Nederlandse verbruik op ca. 150 mln ton per jaar wat, voor een beeld, overeenkomt met een kiepwagentaling per gezin per jaar.

We vinden de beschikbaarheid van deze grote hoeveelheid materialen niet zo vanzelfsprekend als water uit de kraan. Hiervoor moet jaarlijks ca. 400 ha worden afgegraven, waarbij in de regel een waterpartij ontstaat, tegenwoordig meestal in combinatie met natuur of recreatiemogelijkheden. Dit ruimtebeslag is in vergelijkbaar voor dat voor woningbouw en bedrijventerreinen bescheiden, maar voor een stabiele grondstoffenvoorziening moet er in de ruimtelijke ordening wel rekening mee worden gehouden. Dit gebeurt door het inpassen van winning in ruimtelijke plannen, maar ook door ernaar te streven dat belangrijke delfstoffovorrden niet ontoegankelijk worden ('gesteniseerd raken'), door er bijvoorbeeld bovenop te bouwen.

Om rekening te kunnen houden met delfstoffen is informatie over waar zich geologische voorraden bevinden. Delfstoffen online geeft hiervan een eerste indruk.

- Kies voor interactieve delfstofkaarten onder "Voorkomen Delfstoffen"
- Onder "overige informatie" vind u, naast de verantwoording van de delfstofkaarten, feiten en cijfers over de Nederlandse grondstoffenvoorziening
- Lees ook de [disclaimer](#)

men delfstoffen

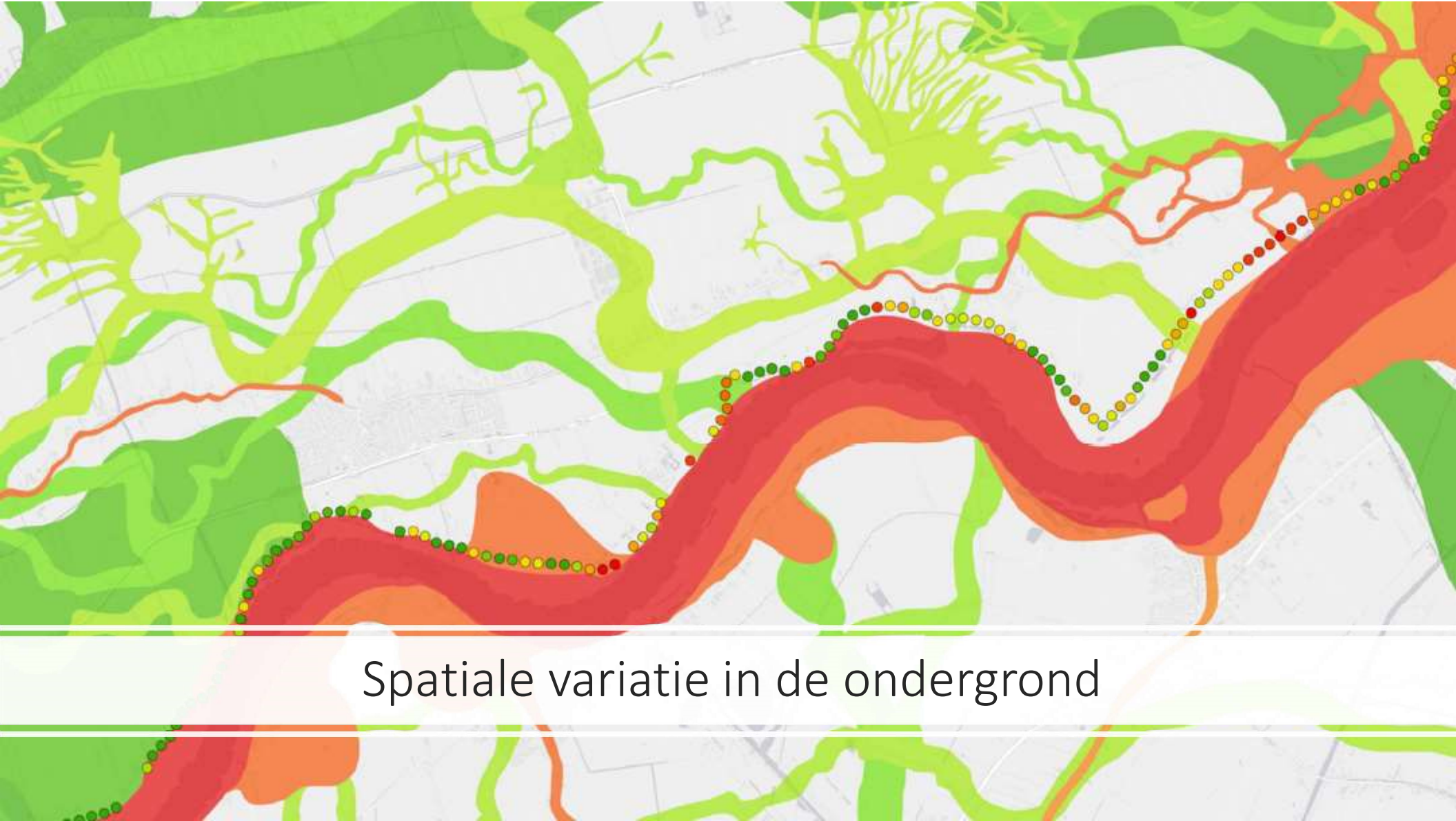
- [nd en grind](#) (hulp / instructies)
- [hulp / instructies](#)

ads

atie

- [rding, technische gegevens](#)
- woordenboek "Grondsoorten en Delfstoffen bij Naam"
- ise grondstoffenvoorziening in cijfers
- ts
- grondstoffenbeleid: de bouwgrondstoffenroets (Nota Ruimte, VROM)

Aan Delfstoffen Online werken mee: Michiel van der Meulen, Serge van Gestel, Dennis Majers, Stephan Graaflers, Hans Veldkamp, Rob Verschuip, Wim Bennis, Albert Tschobakov, Andries Valentin



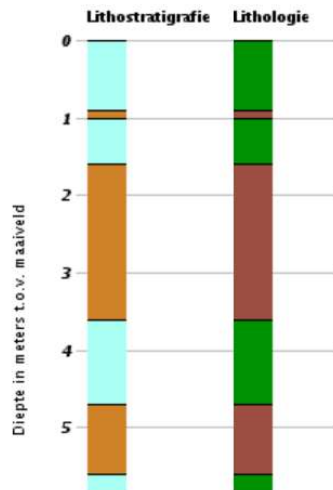
Spatiale variatie in de ondergrond

En dat leidt ... op korte afstanden tot:

Boormonsterprofiel

Identificatie:
Coördinaten:
Maaiveld:
Dieptetraject t.o.v. Maaiveld:

B44E0643
125690, 420830 (RD)
-0.20 m t.o.v. NAP
0.00 m - 7.70 m



Lithostratigrafie

- EC
- NI
- NIBA
- BX

Lithologie

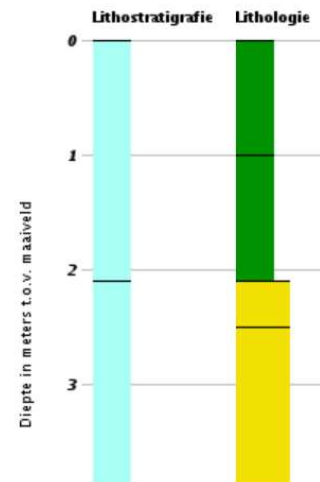
- Klei
- Zand midden categorie
- Veen

x

Boormonsterprofiel

Identificatie:
Coördinaten:
Maaiveld:
Dieptetraject t.o.v. Maaiveld:

B44E0695
126000, 421000 (RD)
0.20 m t.o.v. NAP
0.00 m - 5.10 m



Lithostratigrafie

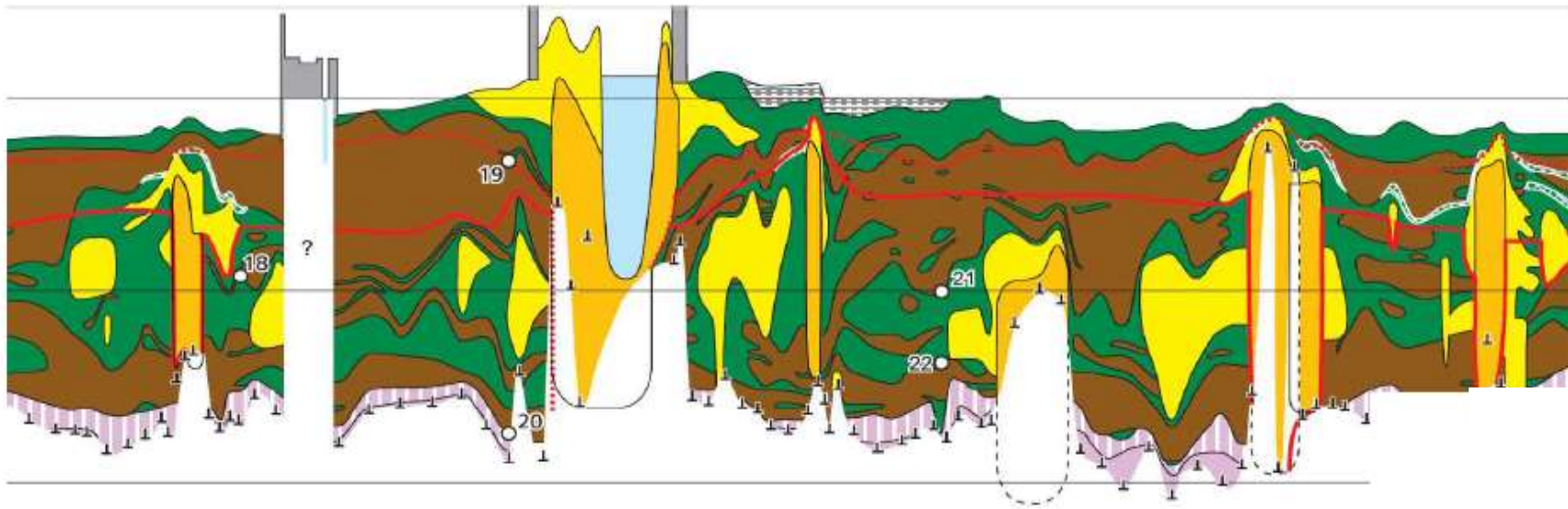
- EC

Lithologie

- Klei
- Zand midden categorie

x

De opbouw van de delta is complex



Profiel uit proefschrift van Gilles Erkens



02

Introductie van de Basis Registratie Ondergrond

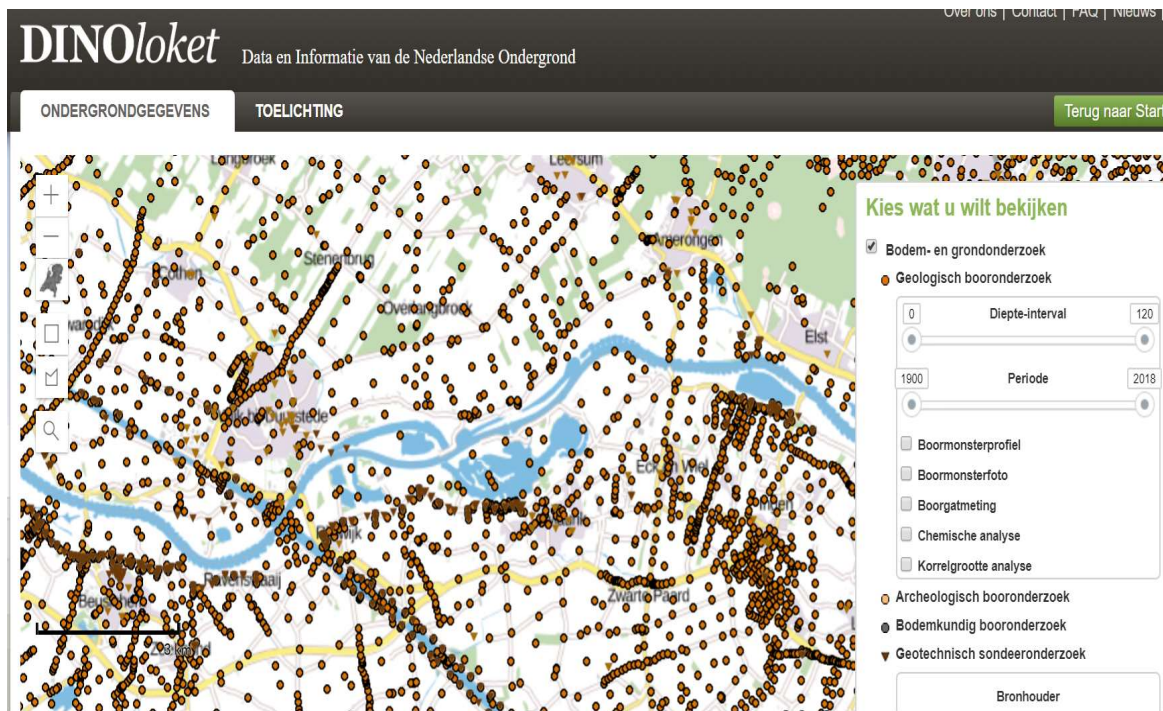
“Zo goed als we de bovengrond kennen zo slecht kennen we de ondergrond”

Wat is de Basisregistratie Ondergrond (BRO)



- De wet BRO ging in op 1-1-2018
- De BRO is dé centrale database met publieke gegevens van de Nederlandse ondergrond.
- De wet BRO maakt het mogelijk om ondergrondgegevens op te vragen en aan te leveren.
- De registratie biedt één centrale voorziening voor de opslag en uitwisseling van ondergrondgegevens.

Wat bevindt zich in de Basisregistratie Ondergrond



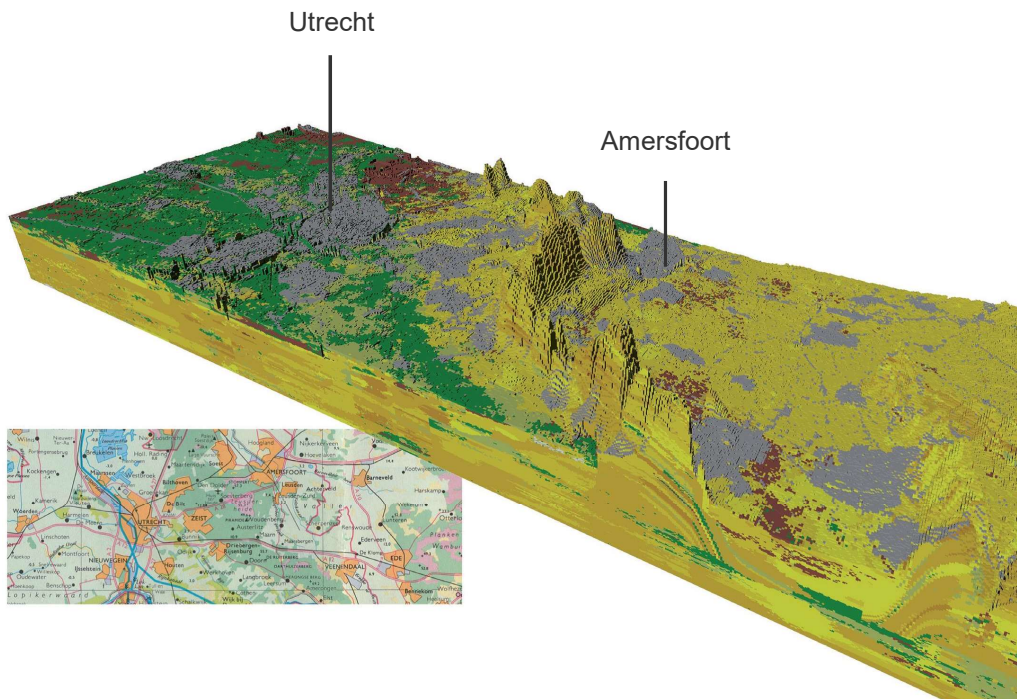
Datasets:

- Boringen
- Sonderingen
- Grondwater
- Bodemkwaliteit

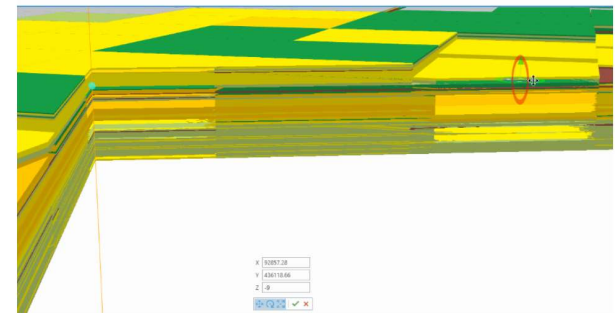
Modellen:

- GeoTOP
- Regis
- Digitaal Geologisch Model

GeoTOP



- Voxel model van de ondergrond
- 100 m x 100 m x 0,5 m
- “pizzadozenmodel”





03

2017 Quick scan: De belofte

Meerwaarde ondergrondgegevens

Nr	Business benefits	BRO Input	Toelichting
1	Plannen efficiënt grondonderzoek	++	<ul style="list-style-type: none"> • Hergebruik boringen en sonderingen • Dicht bij elkaar waar het moet ruimer waar het kan
2	Veiligheidsanalyse dijkvakken	++	<ul style="list-style-type: none"> • Modelleren lithologie • Grondwaterlichamen • Aanwezigheid antropogene constructies
3	Informatie tbv aanbestedingen	++	<ul style="list-style-type: none"> • Uitvoer lithologie (opbouw ondergrond) • Uitvoer geohydrologie • Uitvoer antropogene constructies
4	Informatie benutten in ontwerpproces	++	<ul style="list-style-type: none"> • Uitvoer lithologie • Risico's beperken obv bekende typen knelpunten
5	Risicomanagement	+	<ul style="list-style-type: none"> • Beter en eerder inzicht in risicovolle locaties
6	Omgevingsmanagement: Transparantie en participatie	+	<ul style="list-style-type: none"> • Visualisatie en uitleg

Use Cases



Raadplegen 3D-data

Onderzoek naar problematische locaties

Overstromingsscenario's

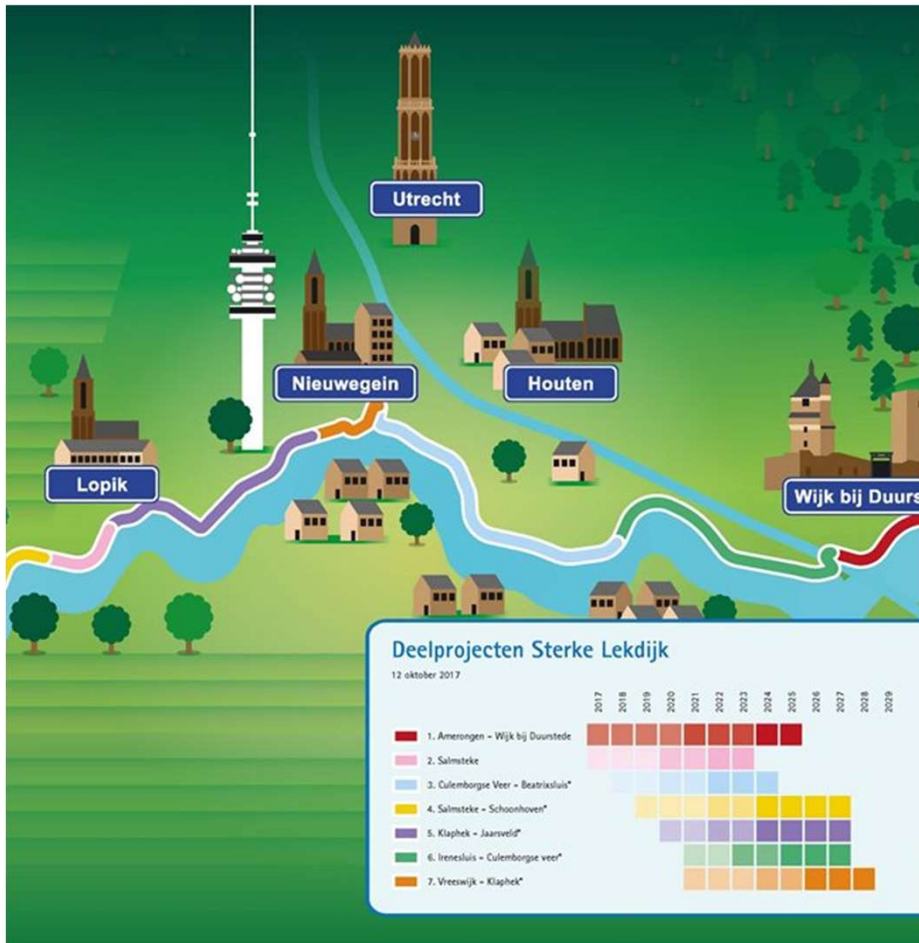
3D-data visualiseren in VR

Geotechnisch lengteprofiel in 3D

Uitvoer naar rekeninstrumentarium

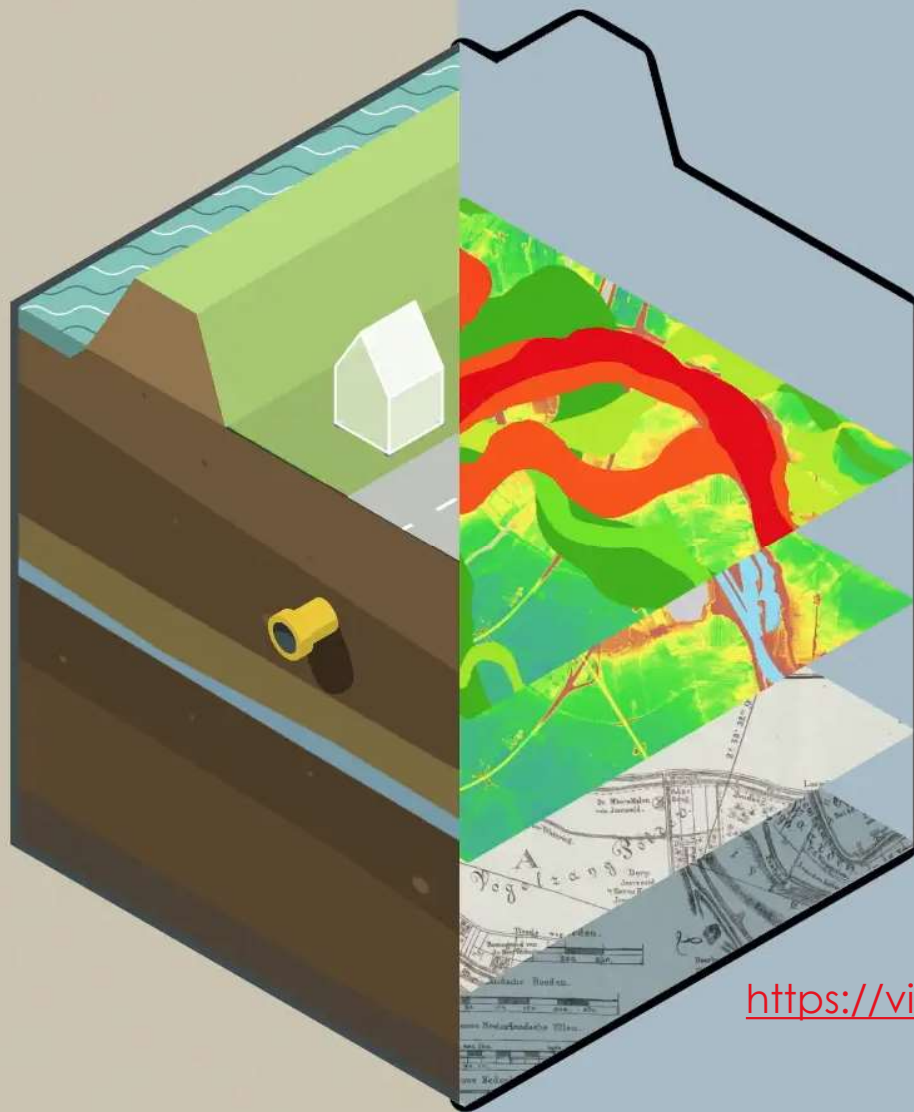
Integratie BIM

Online viewer voor omgevingsmanagers

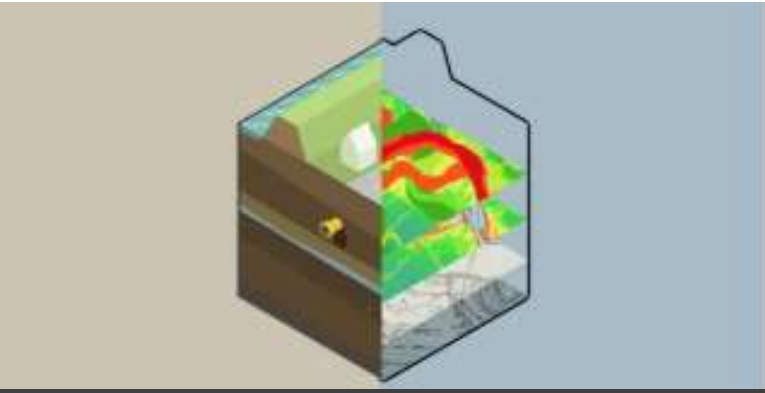


04

Digital Twin van de Sterke Lekdijk



<https://vimeo.com/298563295>



Digital Twinning

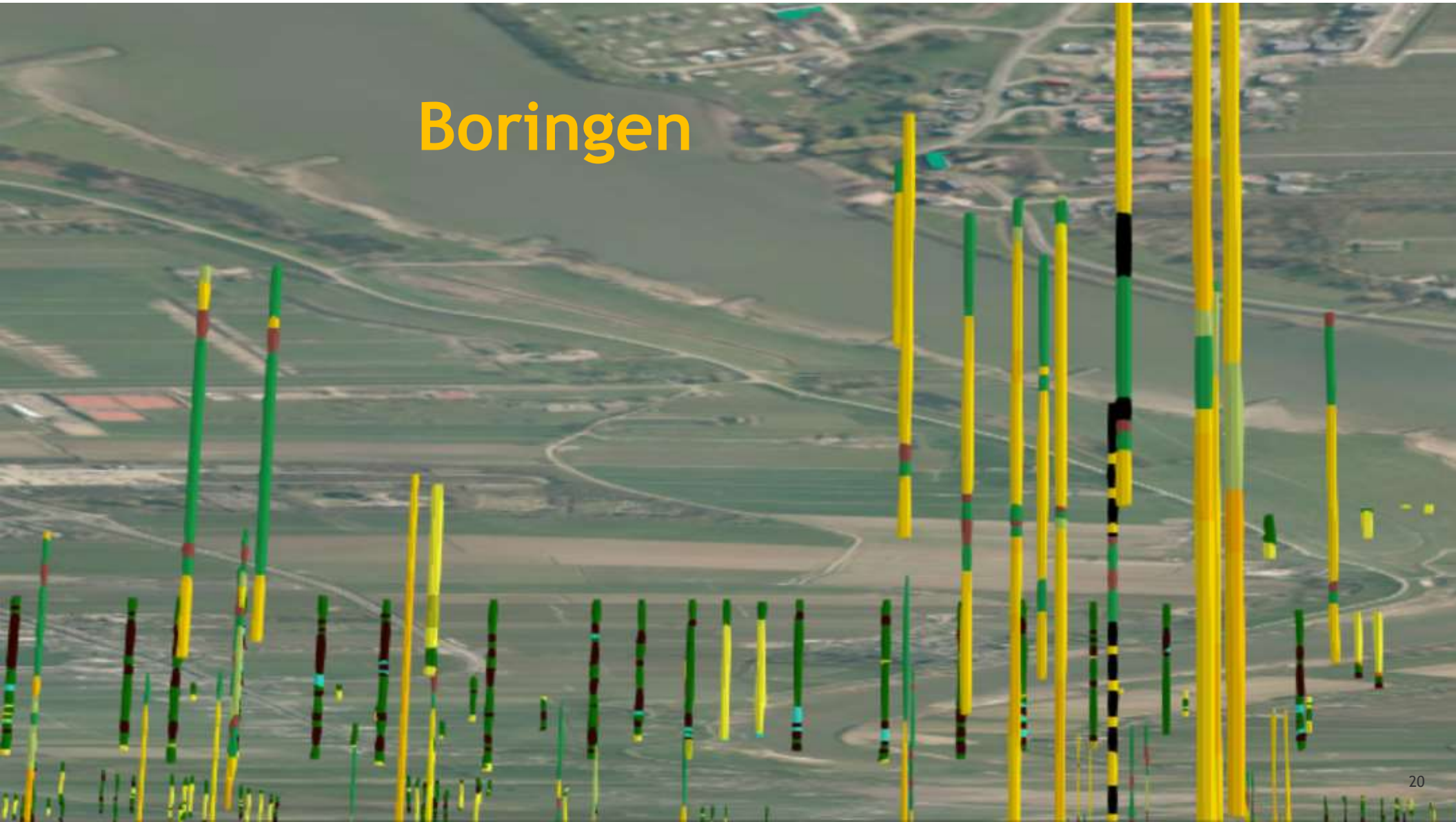
- 3D-kopie van de werkelijkheid
- Data integratie (2D, 2 ½ D en 3D)
- Data en informatie analyse
- Modelleren alternatieven
- Onderbouwing besluitvorming maatregelen

Ondergrondgegevens in de digital twin

Gegevens	Bron
Sondering	BRO-tranche 1
Historische sonderingen	Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden
Boringen	BRO-tranche 2, thans nog DinoLoket
Boringen	Universiteit Utrecht
Bodemdaling	Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden
Geofysisch onderzoek	Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden
Bodemkaart	BRO-tranche 2, thans nog DinoLoket
Geomorfologische kaart	BRO-tranche 2, thans nog DinoLoket
GeoTOP*	BRO-tranche 2, thans nog DinoLoket
Zandbanenkaart	Universiteit Utrecht
Einddatering rivieractiviteit	Universiteit Utrecht



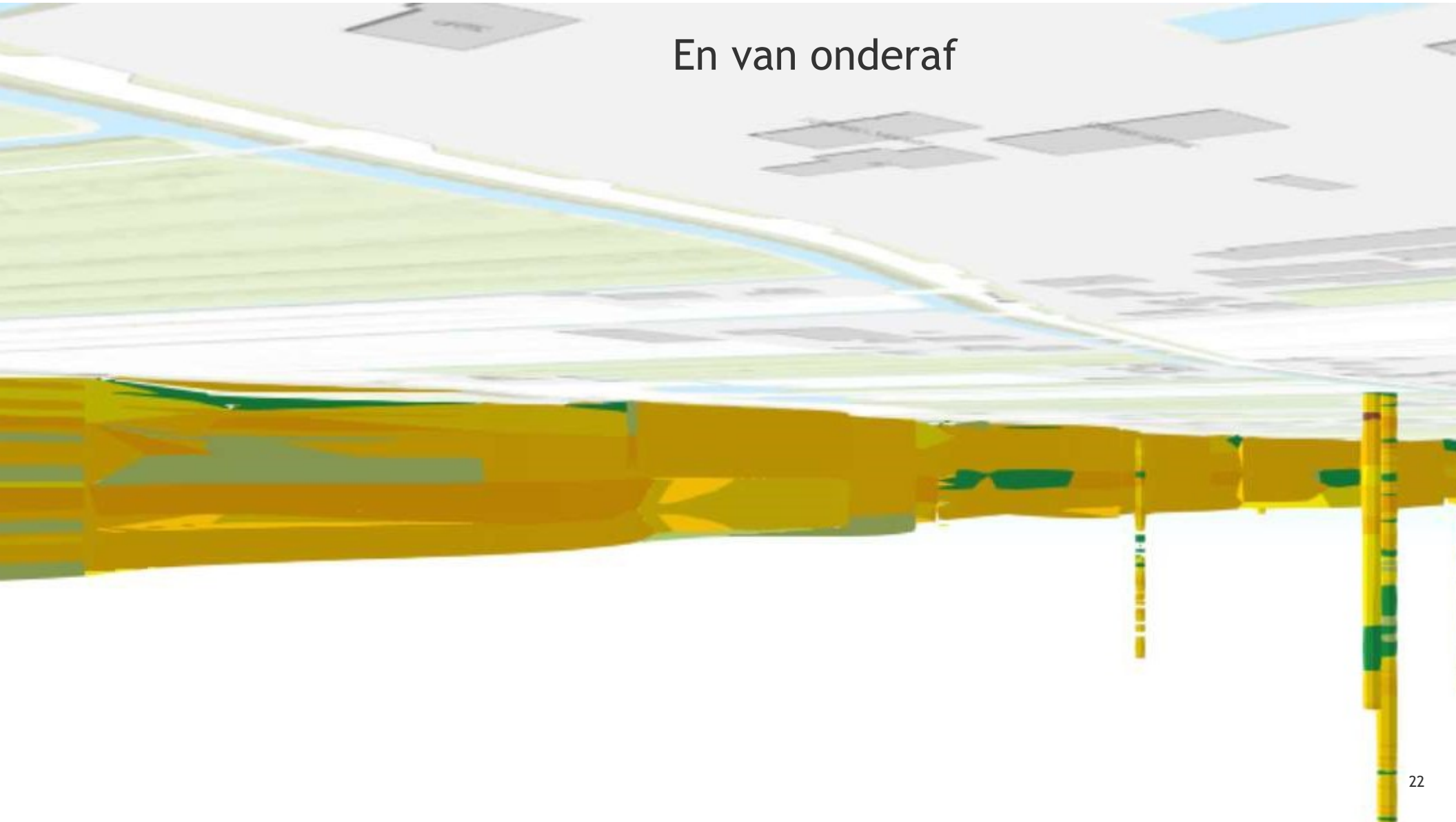
Boringen

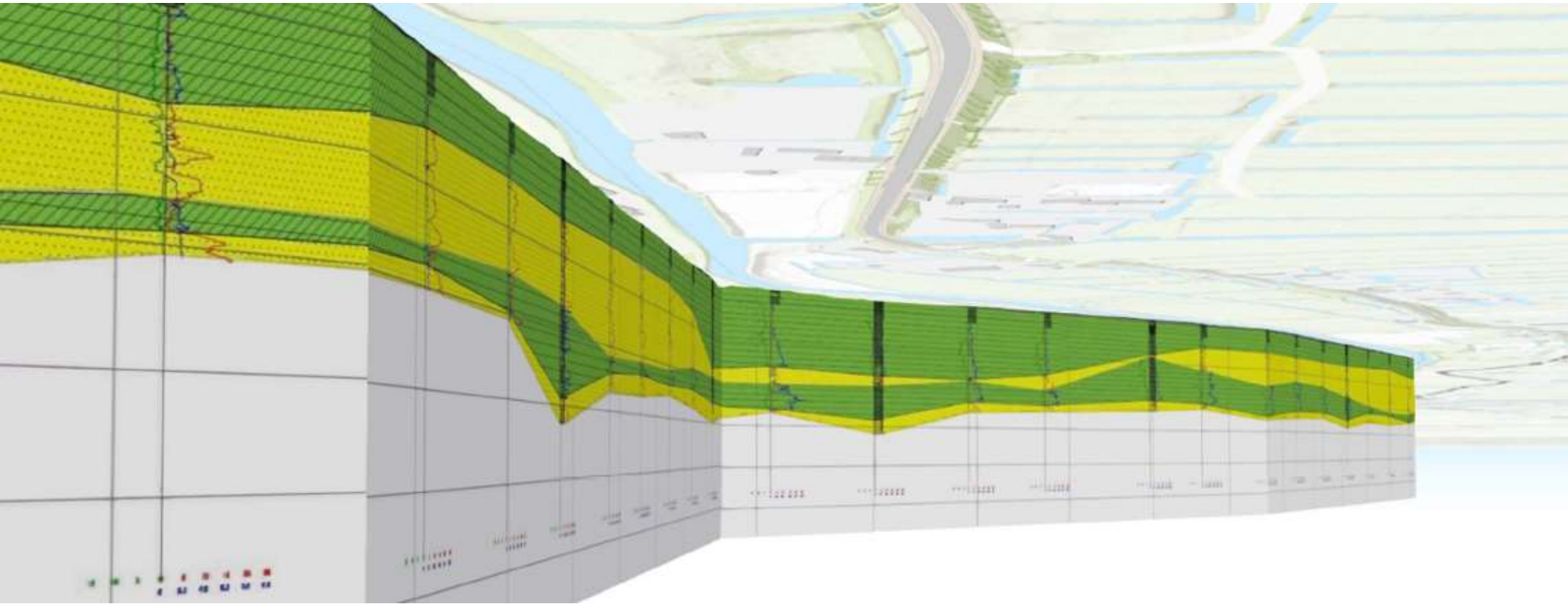


Uitsnede ondergrond kering aangevuld met boringen



En van onderaf

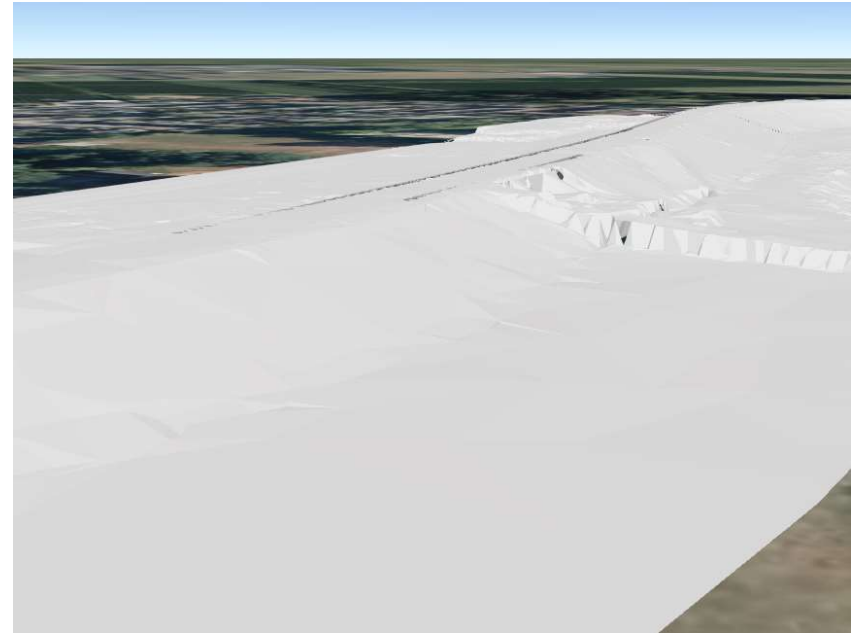




Geotechnisch lengteprofiel



Voorgestelde maatregel: BIM constructie in de kering





Ontwerp alternatief in 3D-Dataroom

TNO innovation
for life



Geodan



Universiteit Utrecht

05

Verfijnd ondergrondmodel

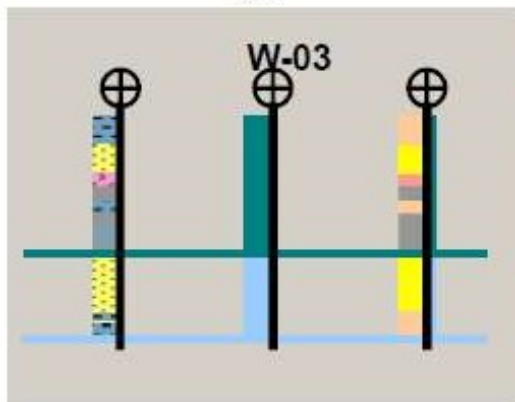
GEOTOP VOOR STERKE LEKDIJK

Ondergrondmodel Salmsteke

TNO innovation
for life

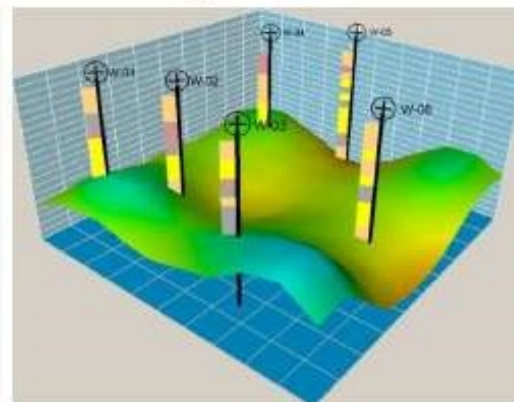
HOE KOMT GEOTOP TOT STAND

boringen



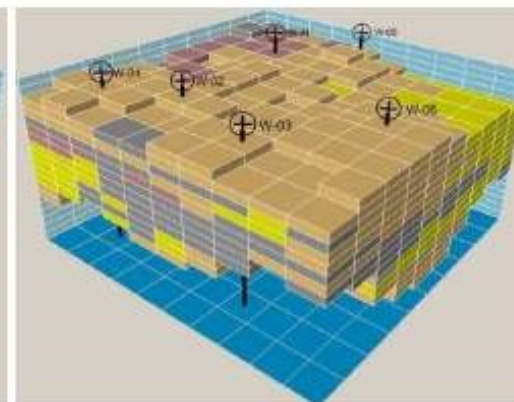
Geautomatiseerde lithostratigrafische interpretatie van DINO boringen

lagenmodel



2D interpolatie van stratigrafische grenzen

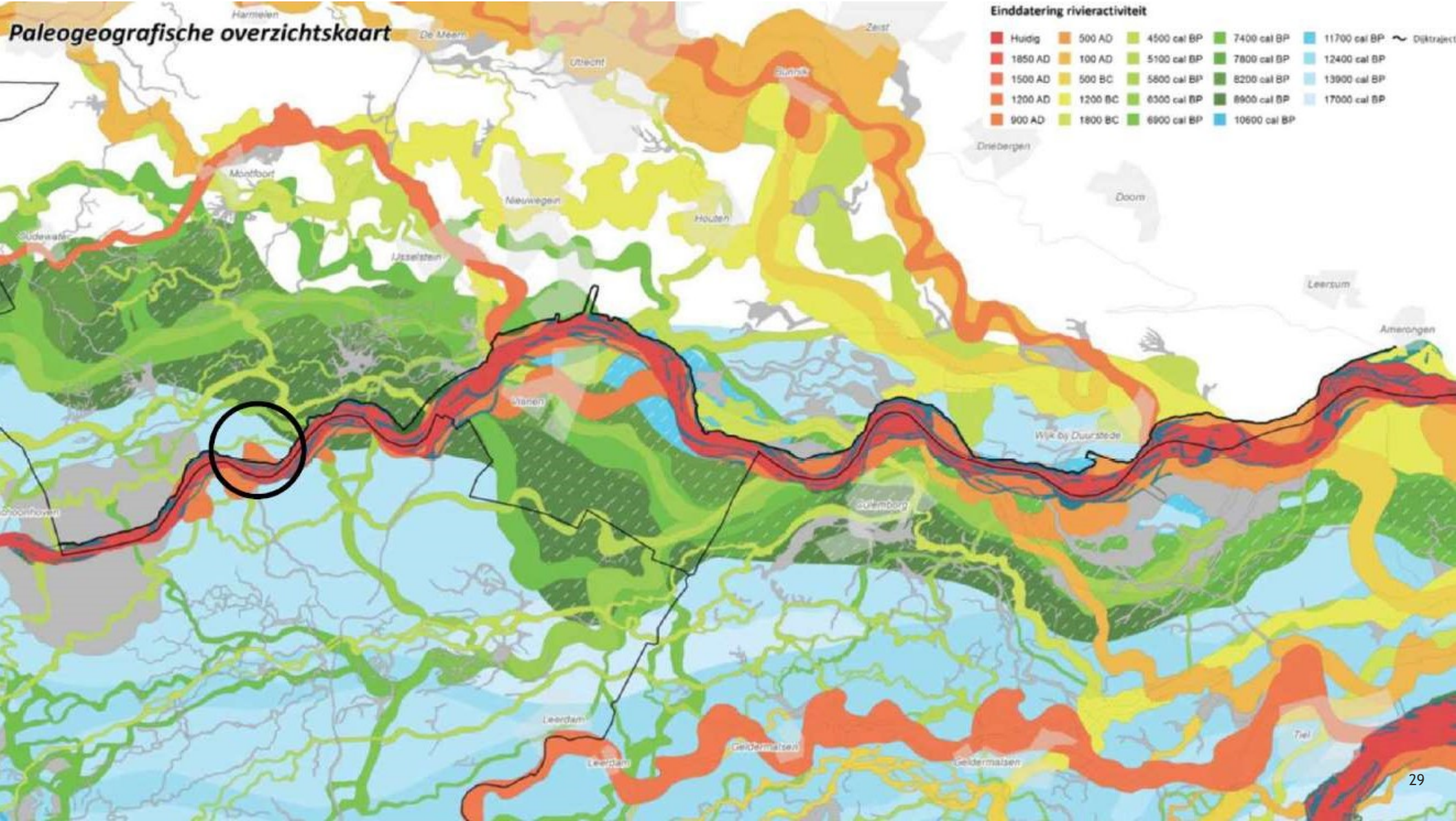
voxelmodel



3D interpolatie van lithologische klasse binnen elke stratigrafische eenheid

Onzekerheid gekwantificeerd door stochastische simulaties

Paleogeografische overzichtskaart



Einddatering rivieractiviteit

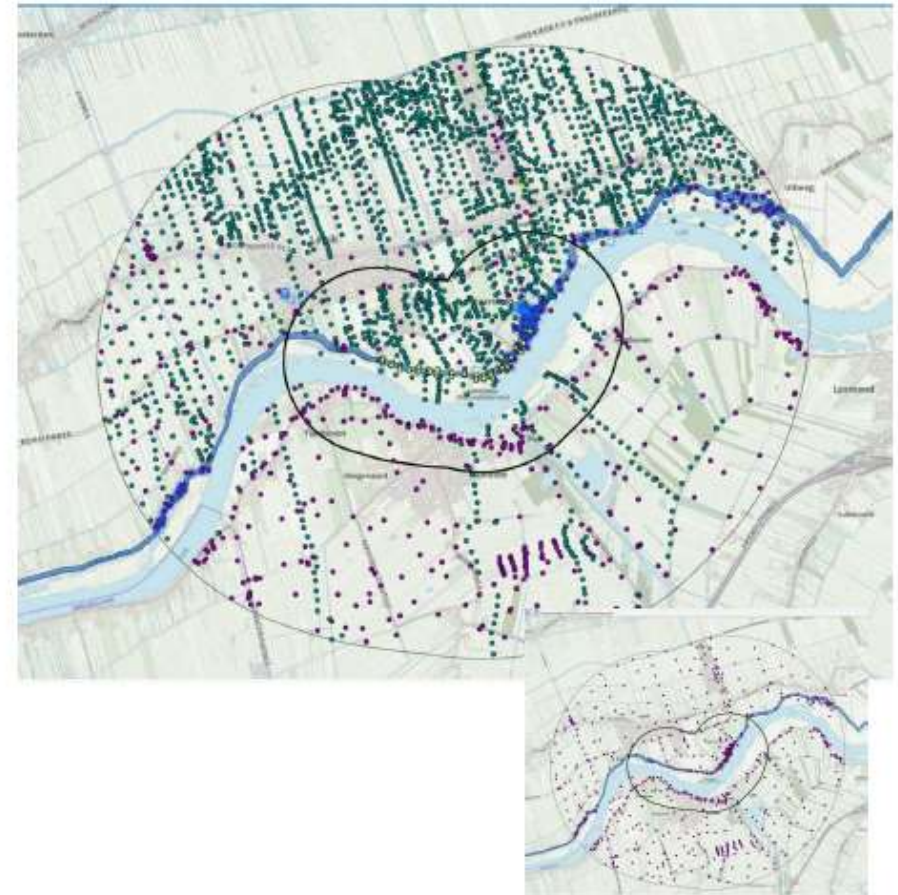
■ Huidig	■ 500 AD	■ 4500 cal BP	■ 7400 cal BP	■ 11700 cal BP	~ Diktrap
■ 1850 AD	■ 100 AD	■ 5100 cal BP	■ 7800 cal BP	■ 12400 cal BP	
■ 1500 AD	■ 500 BC	■ 5600 cal BP	■ 8200 cal BP	■ 13900 cal BP	
■ 1200 AD	■ 1200 BC	■ 6300 cal BP	■ 8900 cal BP	■ 17000 cal BP	
■ 900 AD	■ 1800 BC	■ 6900 cal BP	■ 10600 cal BP		

SALMSTEKE: BORINGEN

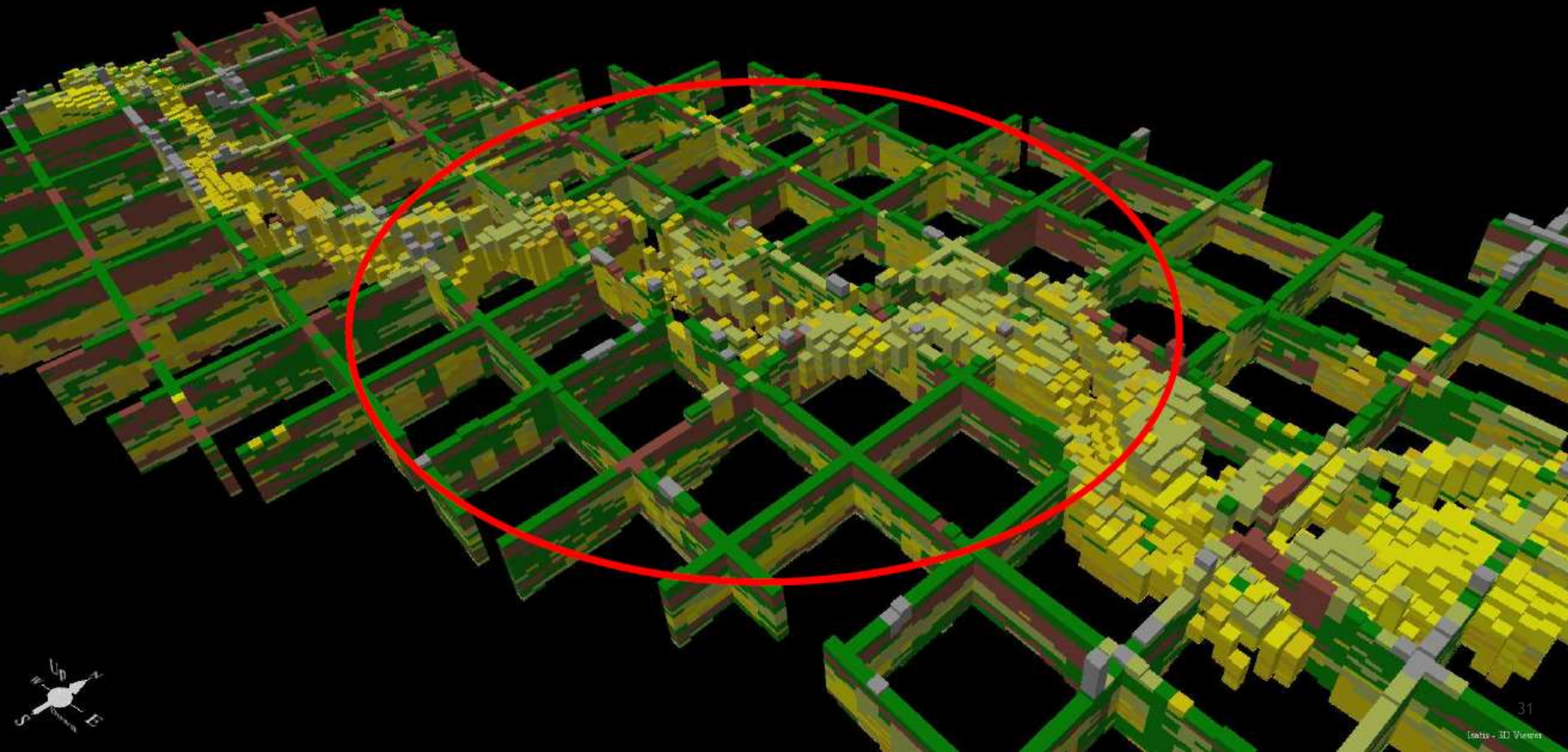
- › paars: DINO-database
- › groen: UU-database
- › blauw: historische data HDSR
- › geel: nieuwe data HDSR

- › Stratigrafische interpretatie grotendeels geautomatiseerd

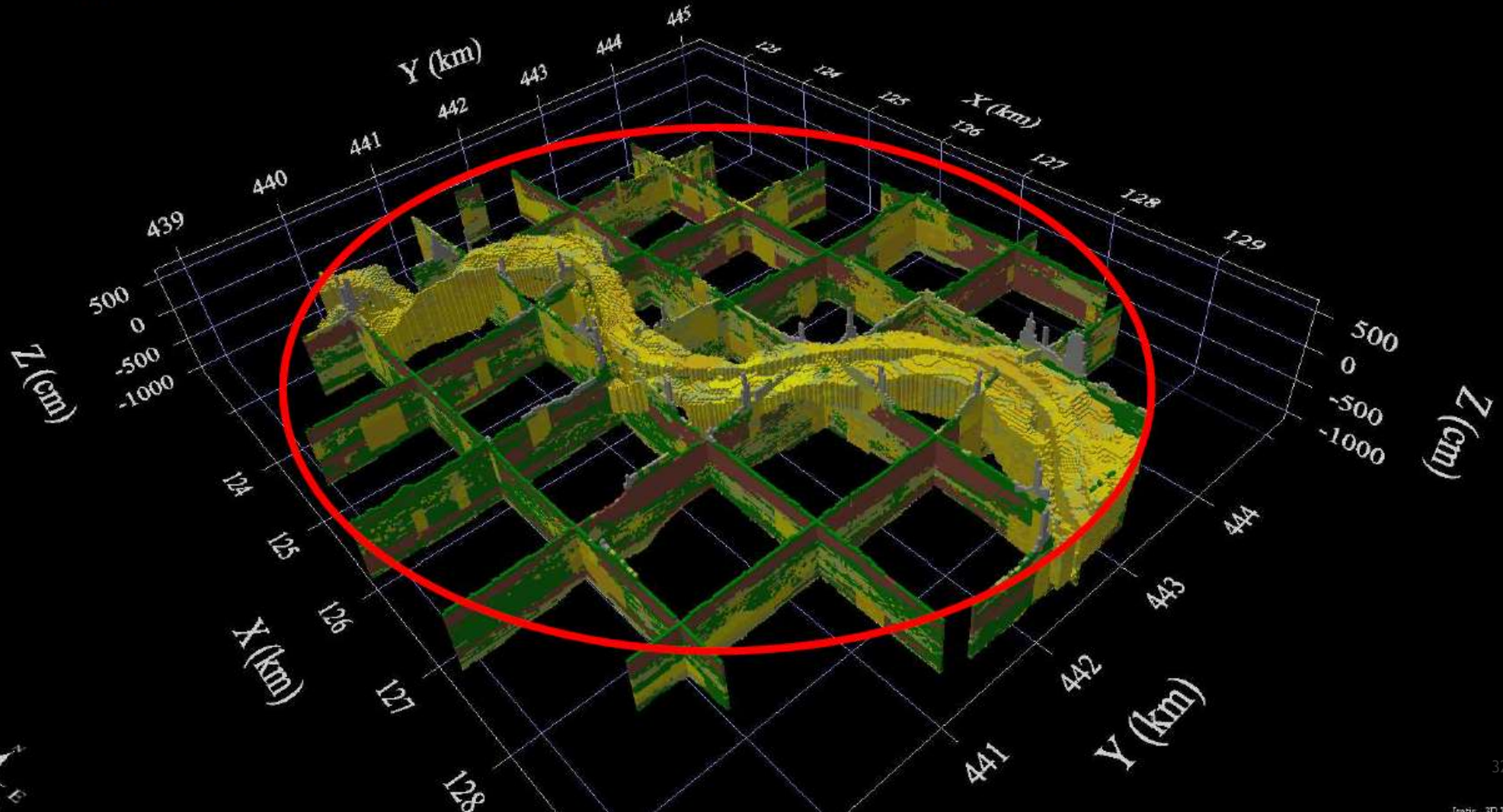
- › Het model bevat:
 - › DINO-dataset (boringen)
 - › Nieuwe dataset van HDSR (boring + sondering)
 - › UU-dataset (boringen + geulenkaart)



vergelijking resolutie: 100x100x0.5 meter



vergelijking resolutie: 25x25x0.25 meter





06

Van droom naar daad:
Inzet bij Geotechniek

Parametrisatie Lekdijk

❑ Elke laag kent eigen parameterwaardes

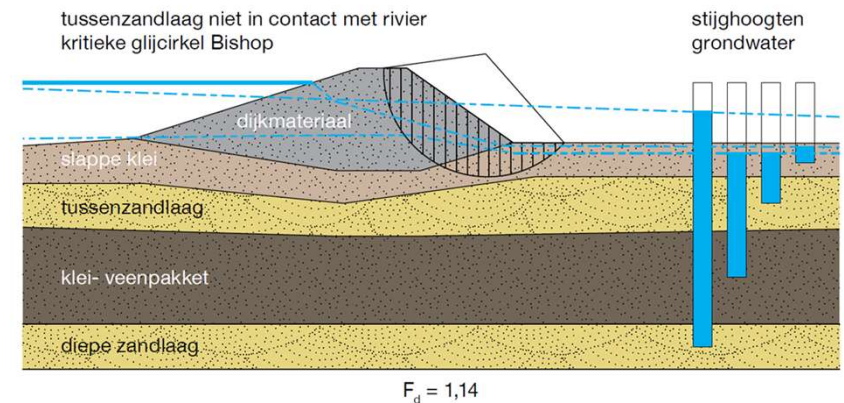
- per stratigrafie
- per lithologie

❑ Toegekende paramaters:

- Volumegewicht (droog / nat)
- K-waarde horizontaal
- K-waarde verticaal

❑ Volumegewicht afhankelijk van grondwaterspiegel

- $(GHG + GLG) / 2 > 2$ is aangemerkt als droog volumegewicht
- $(GHG + GLG) / 2 < 2$ is aangemerkt als nat volumegewicht



Toegekende parameters

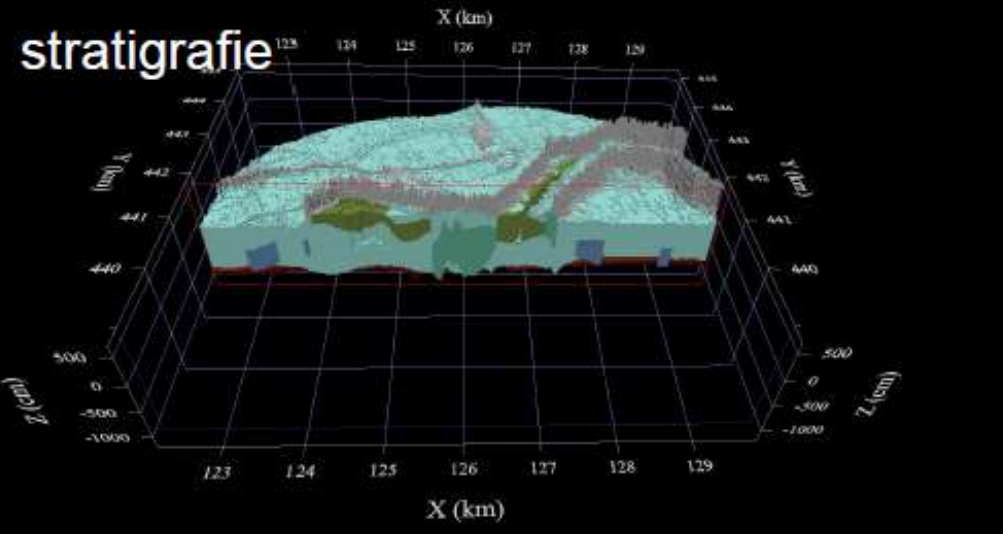
Echteld Formatie

lithologie	V-nat	V-drg	K-hor	K-vert
veen	11.24	2.99	0.049	0.049
klei	16.63	10.98	0.0046	0.0046
zandige klei	18.21	13.42	0.04	0.04
zand fijn	18.73	13.9	4.4	4.4
zand midden	18.93	14.84	11.5	11.5
zand grof	19.59	16.69	29.5	29.5

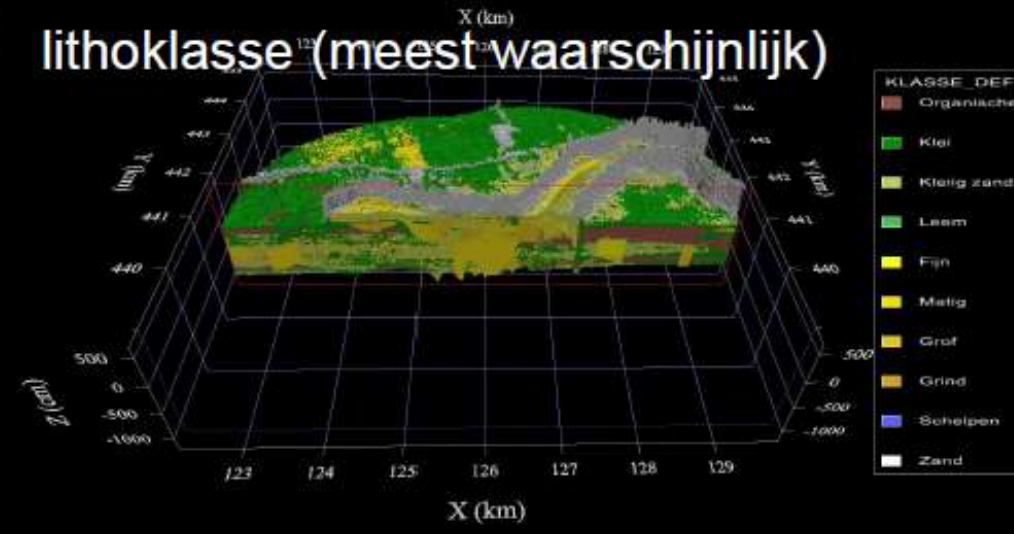
Hollandveen Laagpakket

lithologie	V-nat	V-drg	K-hor	K-vert
veen	11.24	3.34	0.25	0.0004
klei	16.63	10.98	0.00291	0.0046
zandige klei	18.21	13.42	0.0525	0.0314
zand fijn	18.73	13.90	0.74	0.5
zand midden	18.93	14.84	6.29	11.5
zand grof	19.59	16.69	24.2	29.5

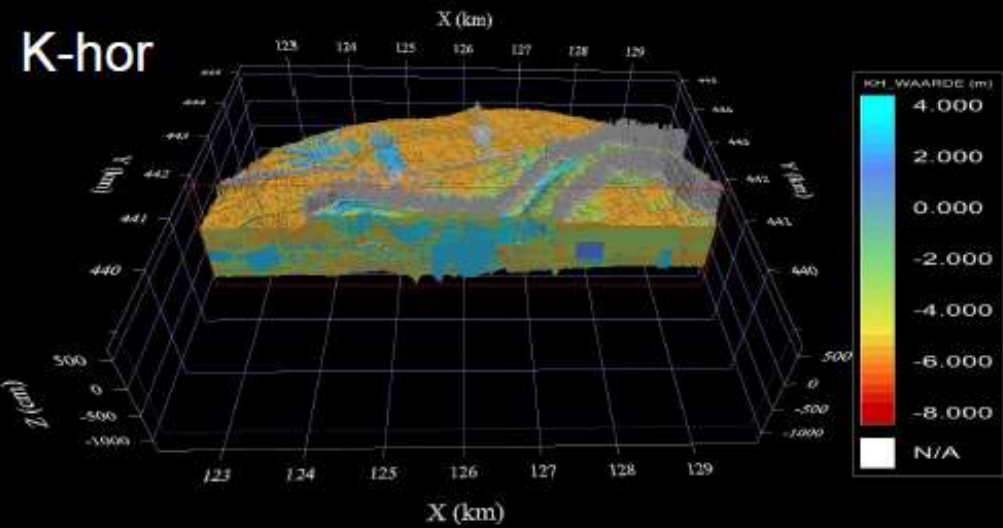
stratigrafie



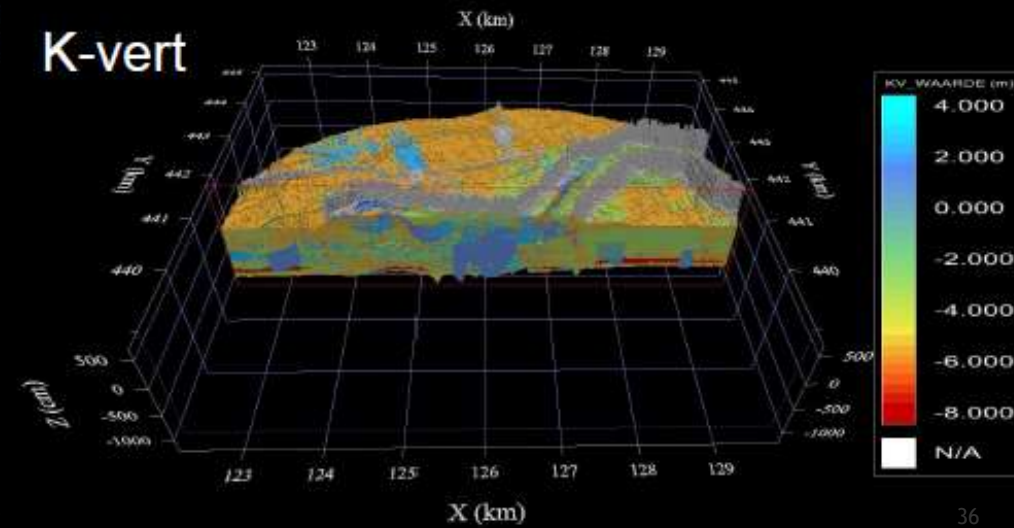
lithoklasse (meest waarschijnlijk)



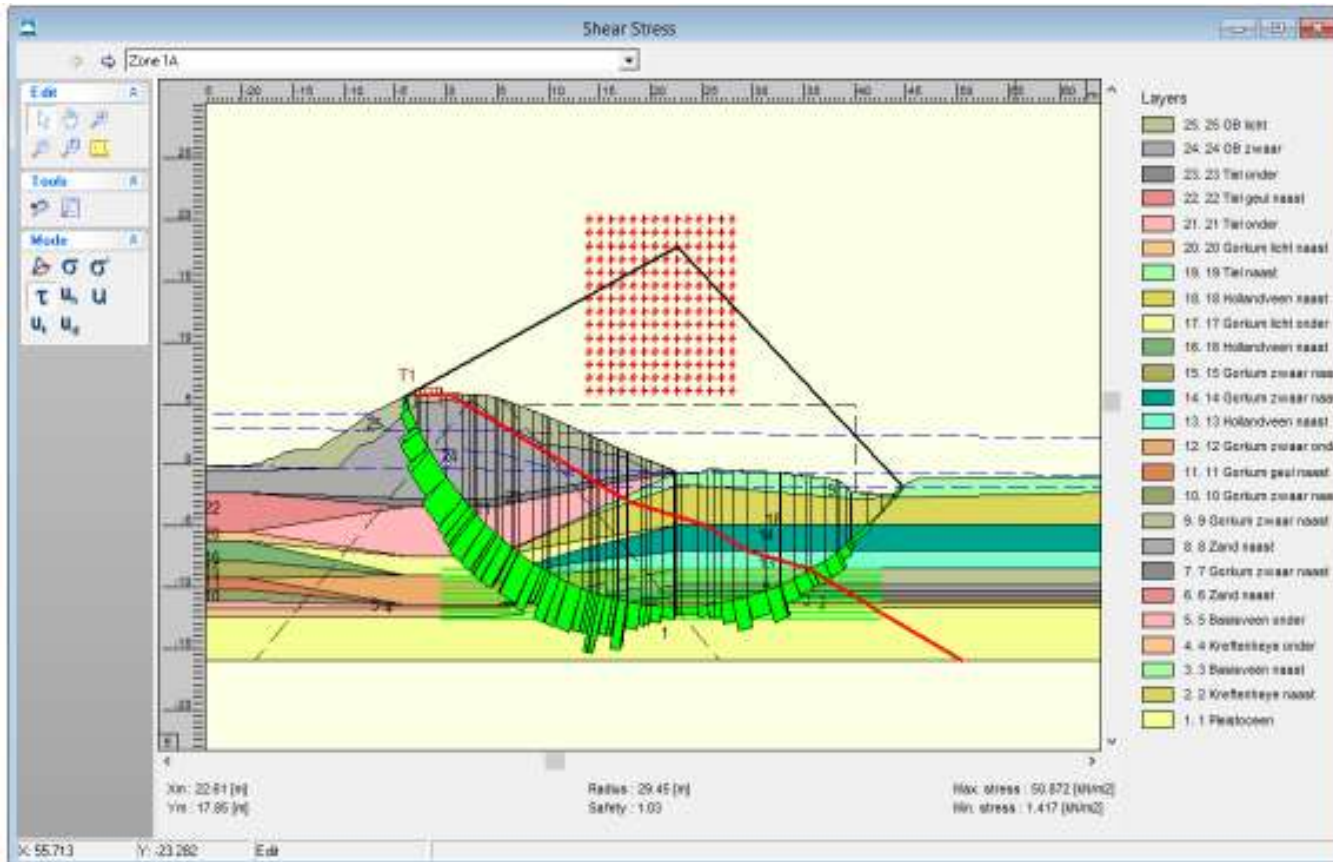
K-hor



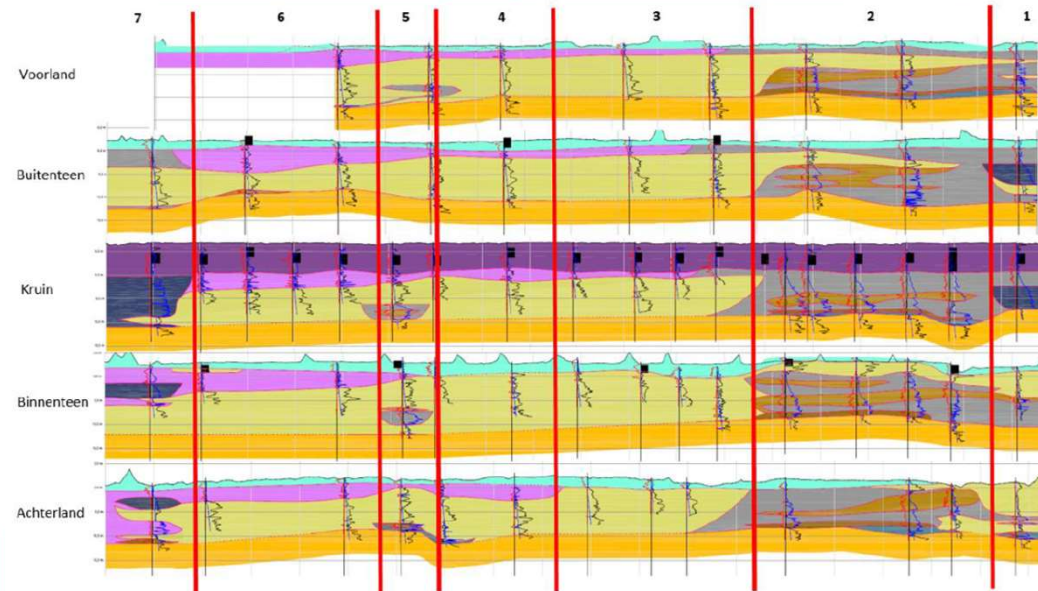
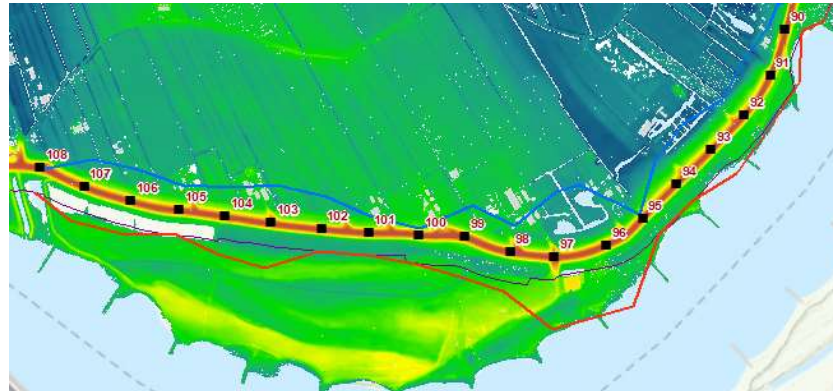
K-vert



De droom: Van ondergrondkarakteristiek naar som En dat straks in 3D



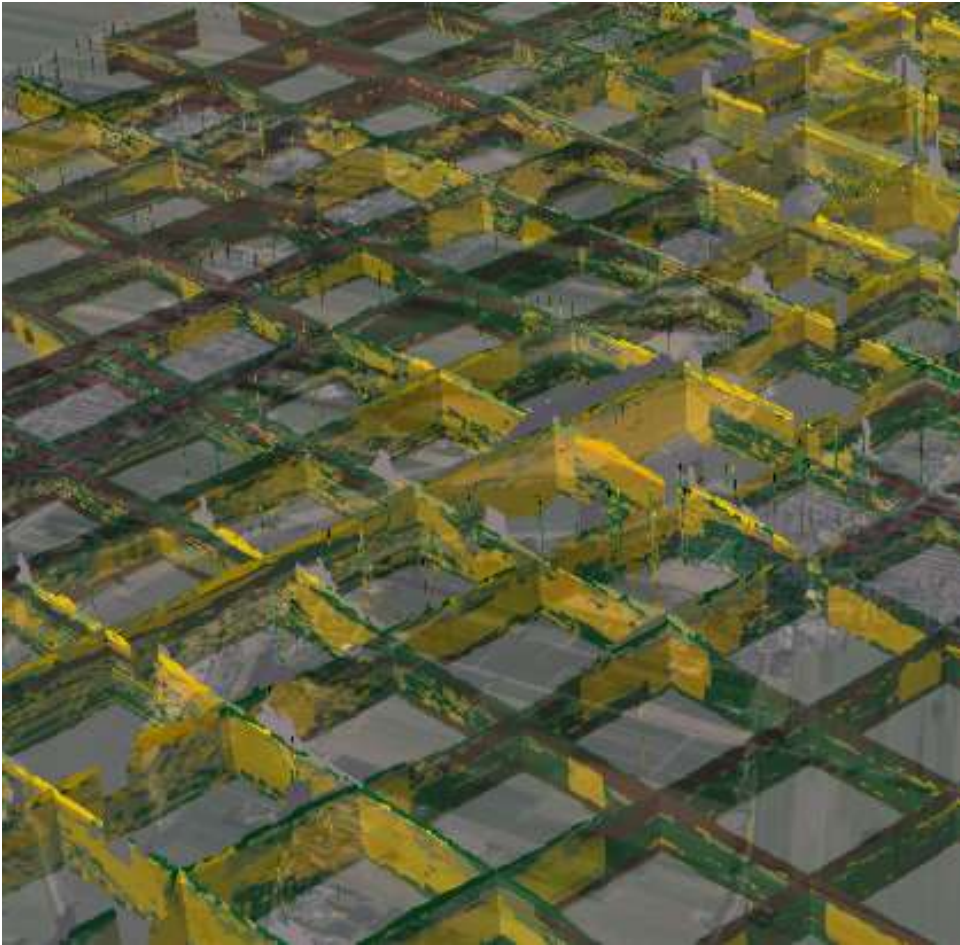
Geotechnisch onderzoek



Figuur 1: Geotechnische lengteprofielen Salmsteke, geotechnische vakindeling (1 t/m 7)

Geologische karakteristiek





07

Demonstratie



08

Vragen en discussie