



## H30 – De Voorkempen

*Geologisch en hydrogeologisch 3D model van het Cenozoïcum van de Belgisch-Nederlandse grensstreek van De Noorderkempen/West-Brabant (H30-De Voorkempen)*

Ronald Vernes (TNO), Jan Walstra (BGD) en Jef Deckers (VITO)

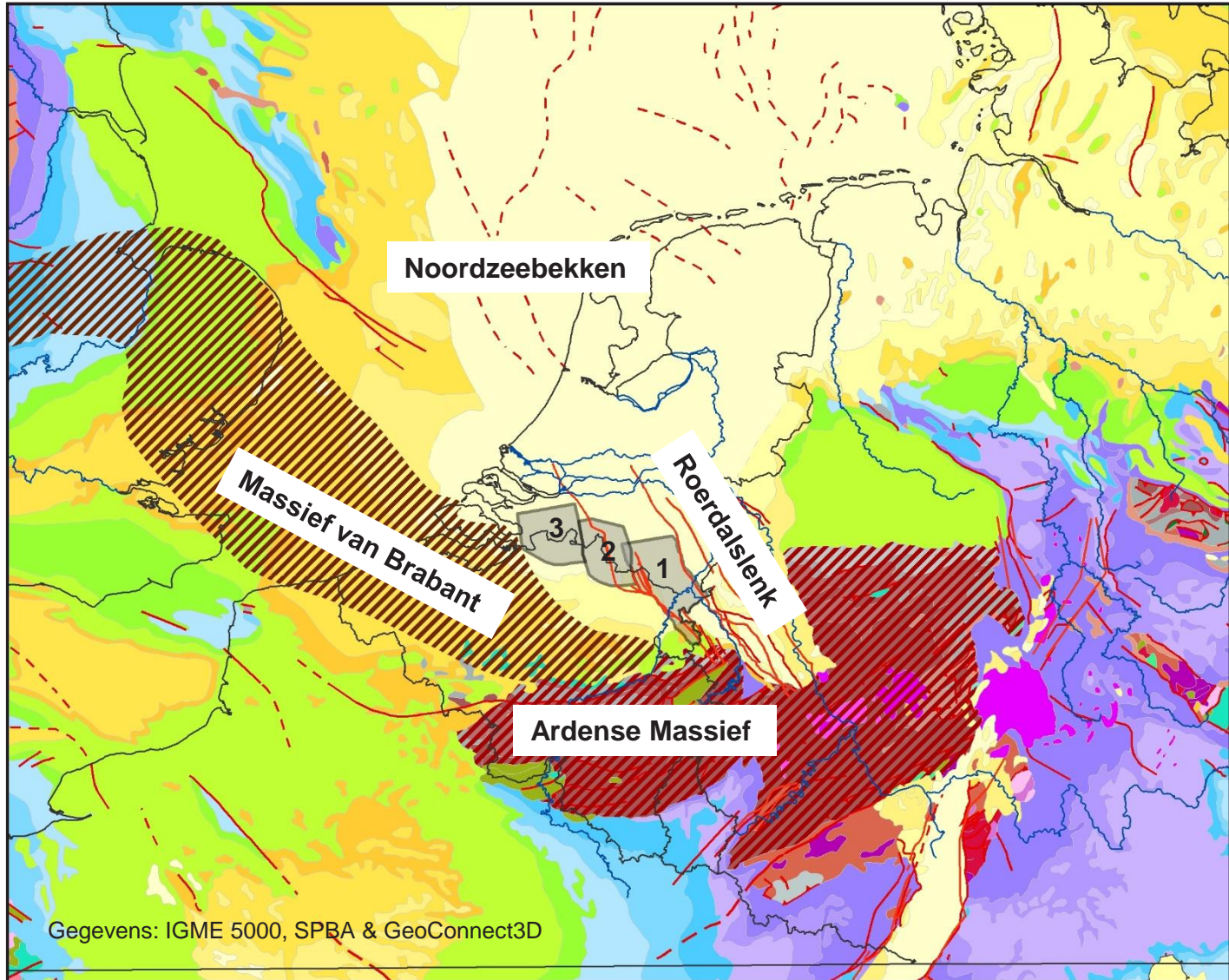




# Opzet presentatie

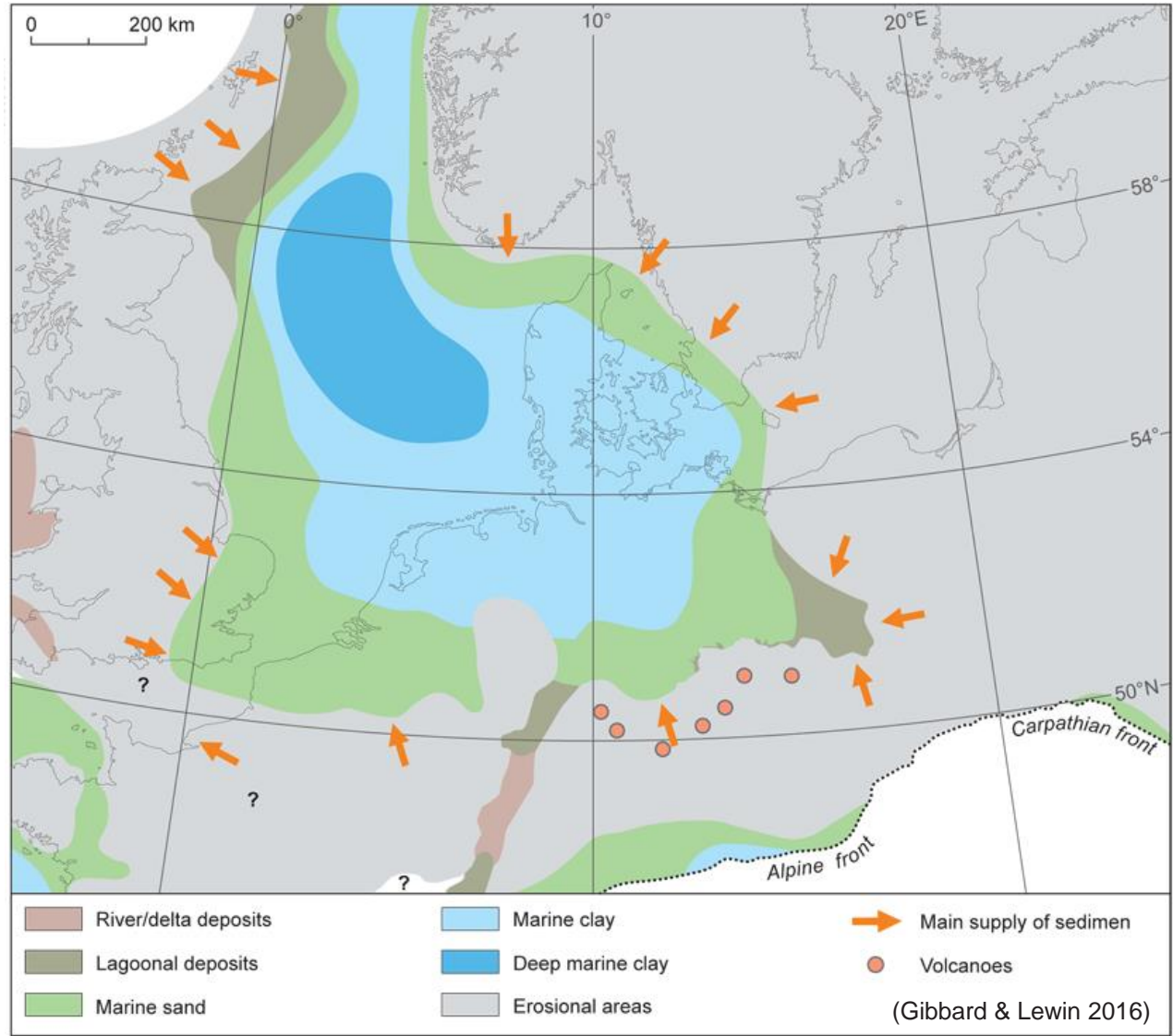
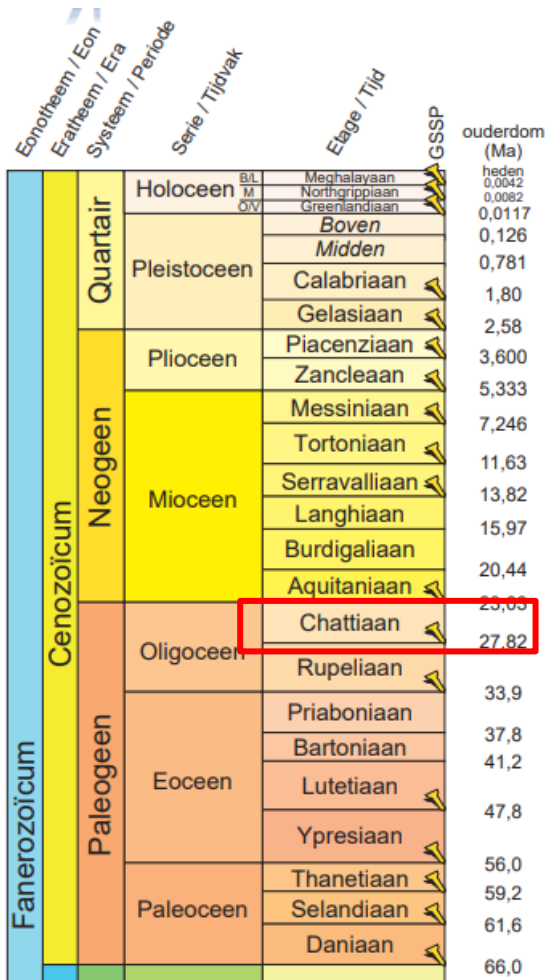
- » Introductie
  - Geologische verkenning van het gebied
  - Achtergrond project
  - Doelstellingen en projectorganisatie
- » Uitvoering
  - Gebruikte datasets
  - Correlatie
  - Herinterpretatie
  - Modellering
- » Resultaten
- » Conclusie

# Geologische verkenning van het gebied



Geologische  
structuur

# Geologische verkenning van het gebied

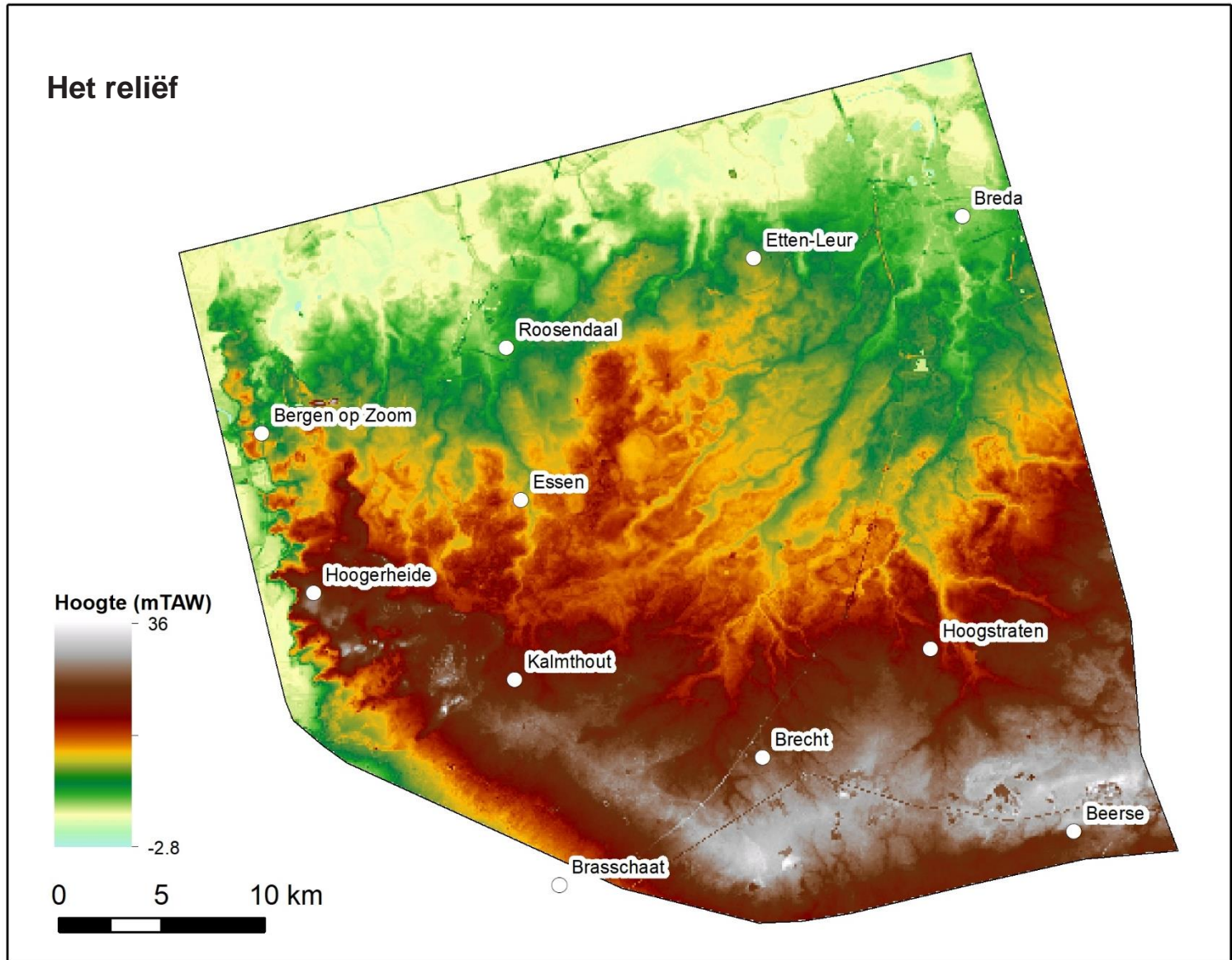


Paleogeografie van het Cenozoïcum (hier: Laat-Oligoceen)





# Geologische verkenning van het gebied







# Geologische verkenning van het gebied



De Brabantse Wal, stuifzanden & vennen  
(foto's: Grenspark Kalmthoutse Heide)



Natuur & aardkundige waarden

# Geologische verkenning van het gebied



Klei van de Kempen (BE),  
kleiput Boensberg-Oost (Merksplas-Beerse)  
(foto: J. Van der Biest, Wienerberger)

## Ontgining oppervlakedelfstoffen

Boudewijn-groeve met kalkzandsteenfabriek  
in Ossendrecht (actief 1964-2004)  
(foto: Heemkundekring Het Zuidkwartier)



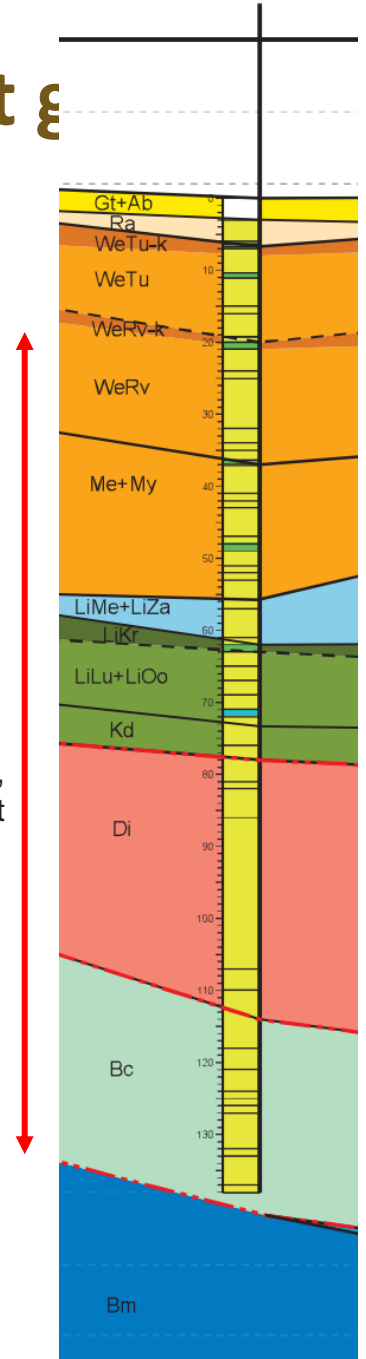




# Geologische verkenning van het g

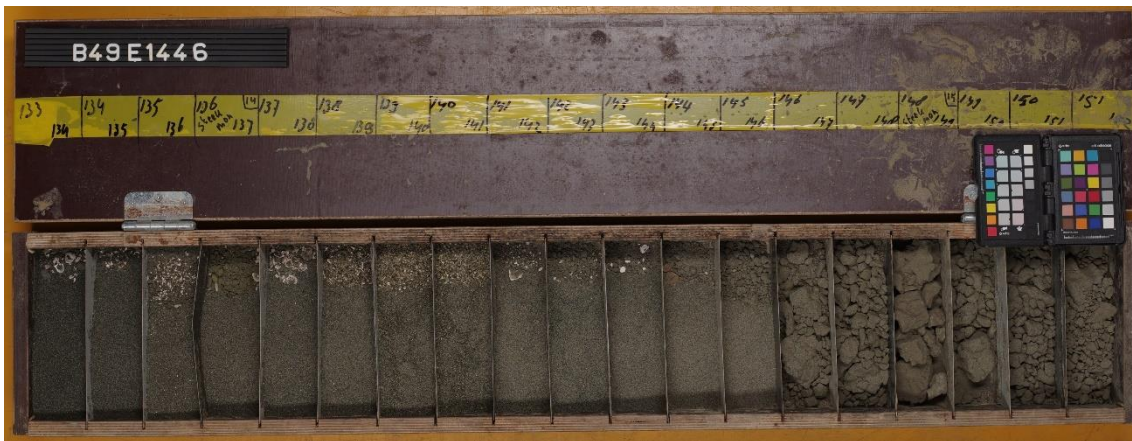


## Grondwaterwinning



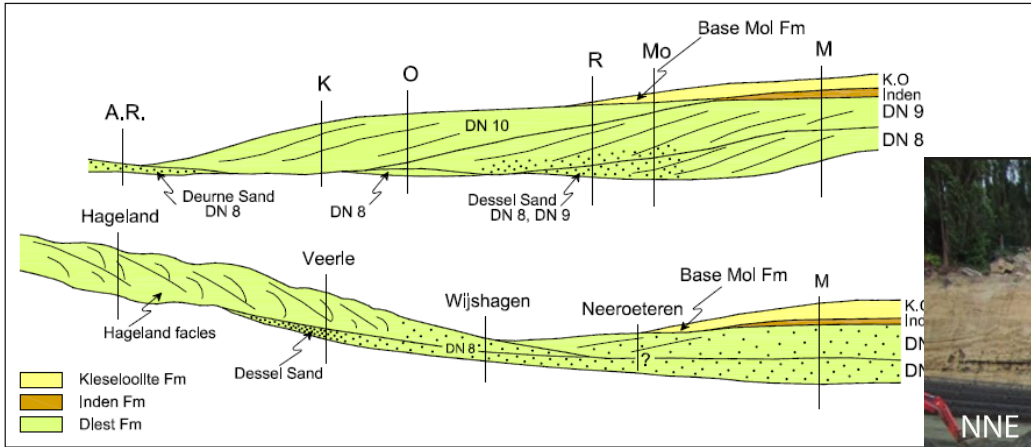
Glauconietzand  
Diessen Formatie (NL), boring Bergen op Zoom (Foto: TNO)

Kempens Aquifer System (BE),  
boring Kalmthout





# Geologische verkenning van het gebied



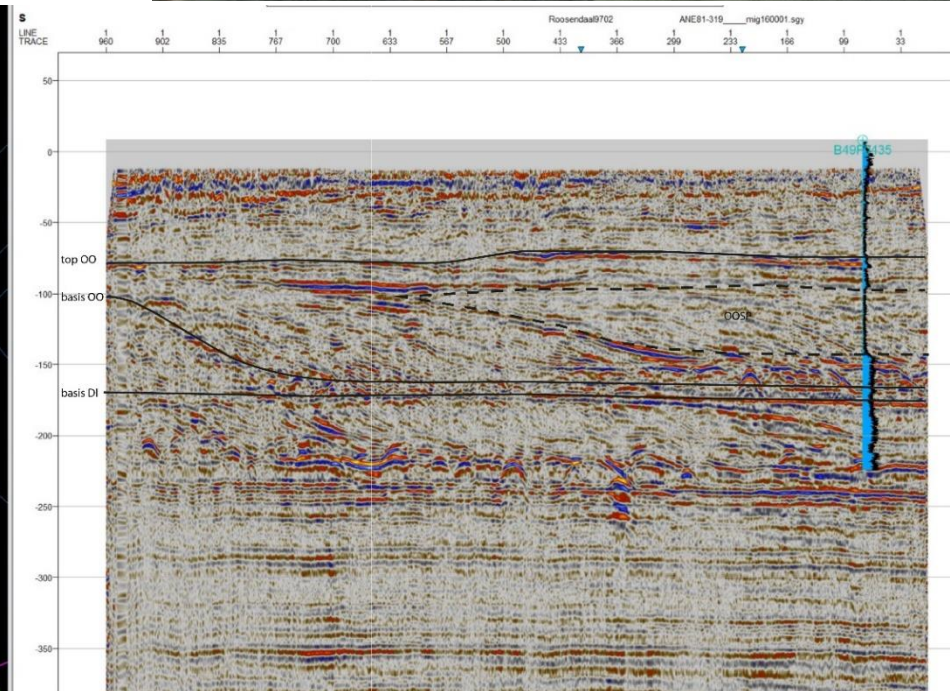
Kruisgelaagdheid in Formatie van Diest (BE), outcrop Antwerp Int. Airport (Houthuys et al. 2020)



Profiel: prograderende structuren in Formatie van Diest (BE) (Vandenbergh et al. 2014)

## Nieuwe inzichten in geologische processen

Seismische lijn t.z.v. Roosendaal submariene foresets op grensvlak tussen formaties van Diessen en Oosterhout (NL)



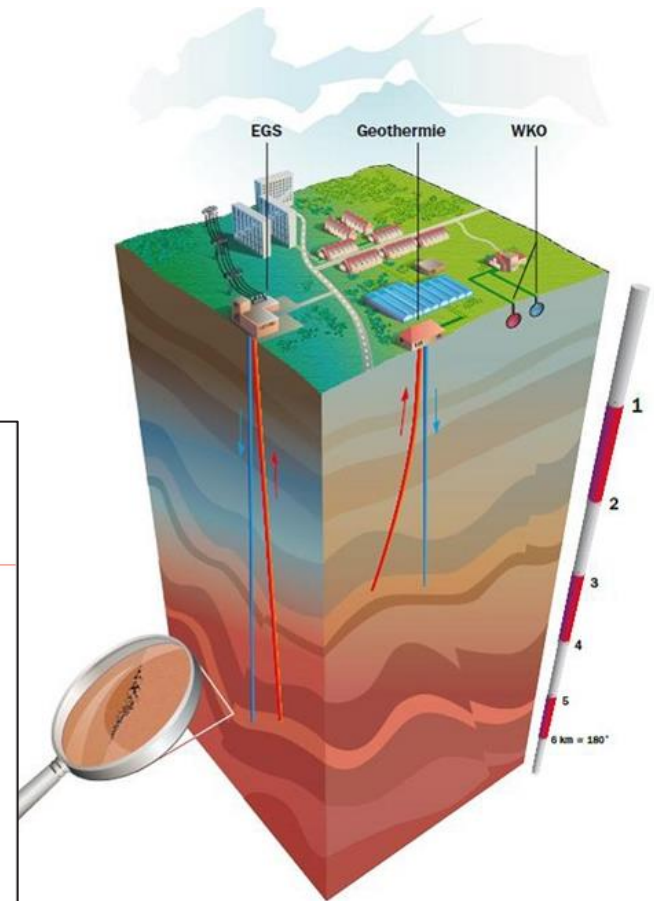
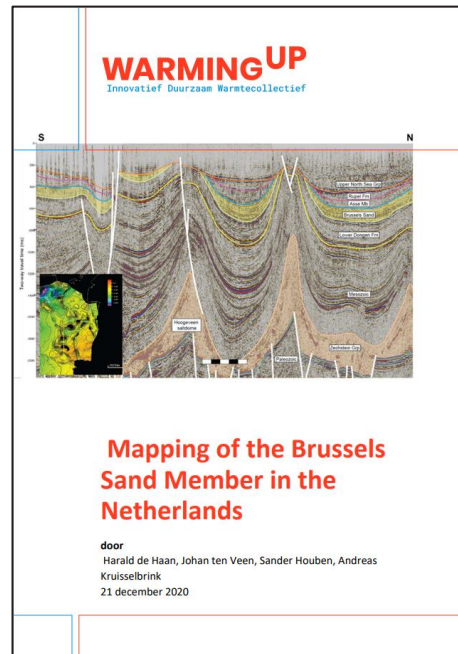


# Geologische verkenning van het gebied



Kruisgelaagdheid in Formatie van Brussel (BE)  
(Foto: Houthuys et al. 2011)

## Ondiepe geothermie



Studies naar geothermie in Laagpakket van Brussel (NL)  
(TNO, zie presentie Johan ten Veen)

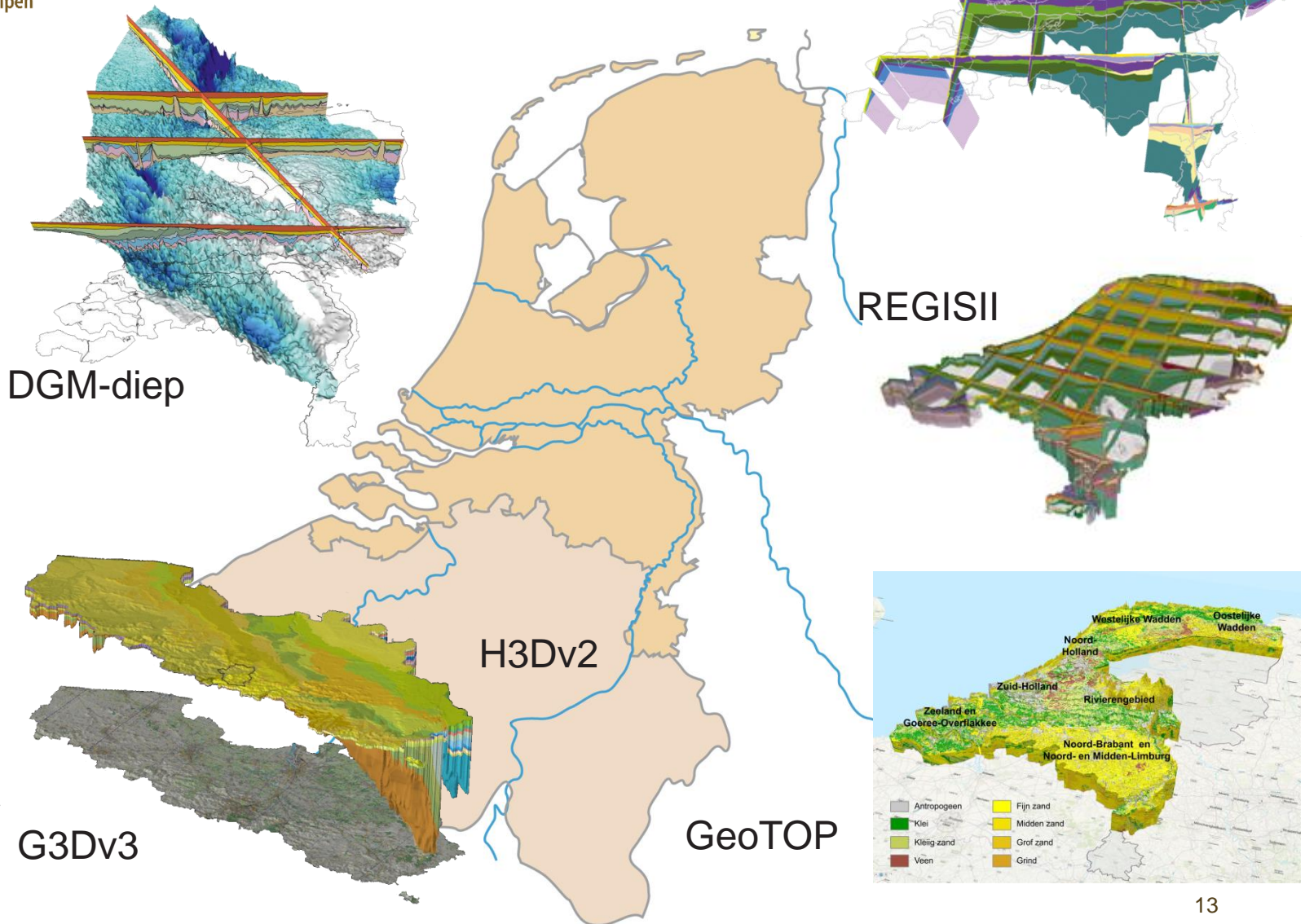




## Achtergrond project

- » (Hydro)geologische informatie is essentieel voor duurzaam beheer van grondwater en de ondergrond
- » Aansluitingsproblemen tussen (hydro)geologische kaarten en modellen langs de landsgrenzen
- » Daardoor onzekerheden in kennis van grondwatersystemen in grensregio's

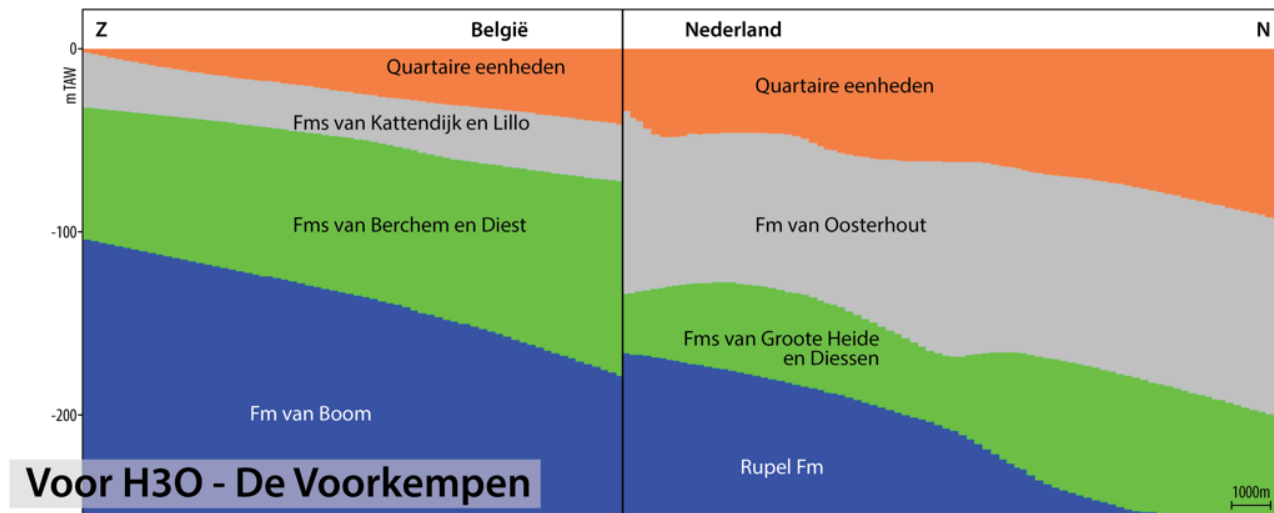
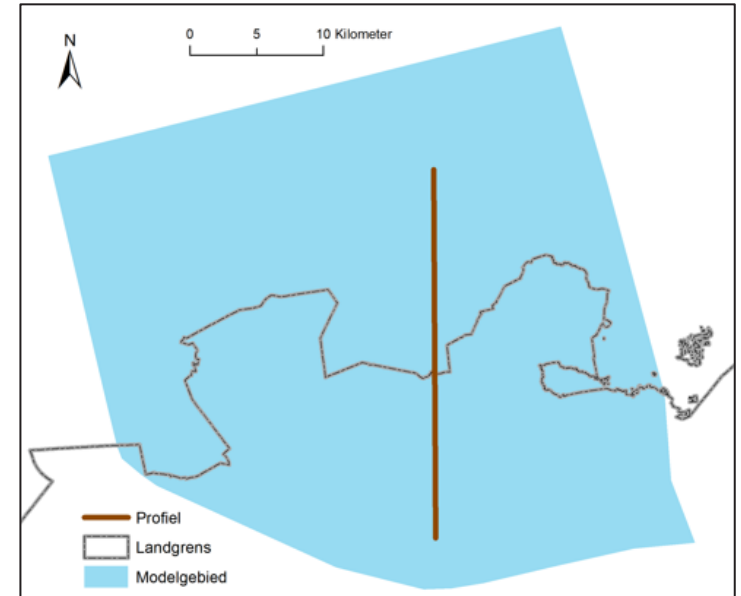
# Achtergrond project



# Achtergrond project

Problemen in modellen  
aan de grens door:

- Verschillen in stratigrafische indeling en definities
- Verschillen in detailniveau
- Verschillen in coördinaten en referentiesysteem
- Inconsistenties in diepte en dikte



Voor H30 - De Voorkempen





# Doelstellingen

## Algemene doelstelling H30-projecten

*“Het verhelpen van aansluitproblemen tussen de bestaande geologische en hydrogeologische lagenmodellen van Nederland en Vlaanderen.”*

## Specifieke doelstelling H30-De Voorkempen

- » Grensoverschrijdende 3D geologische en hydrogeologische modellen
- » Van het **Cenozoïcum**
- » Van de grensstreek van **West-Brabant / De Noorderkempen** in Zuid-Nederland en Vlaanderen
- » Op basis van **bestaande gegevens**
- » **Referentiemodel**



# Doelstellingen

## Specifieke doelstelling H30-De Voorkempen

Met oog op duurzaamheid andere aanpak dan in vorige H30-projecten: elk modelleert in eigen stratigrafie en referentiesysteem

- » Eén model conform de Belgische lithostratigrafie in Lambert-72/TAW
- » Eén model conform de Vlaamse hydrostratigrafie in Lambert-72/TAW
- » Eén model conform de Nederlandse lithostratigrafie in RD/NAP
- » Eén model conform de Nederlandse hydrostratigrafie in RD/NAP

*Voordelen: vertrouwddheid met eigen stratigrafie & achteraf geen conversie nodig*

*Nadeel: voortdurend goed waken over stratigrafische consistentie doorheen het project*



# Projectorganisatie

## Opdrachtgevers:

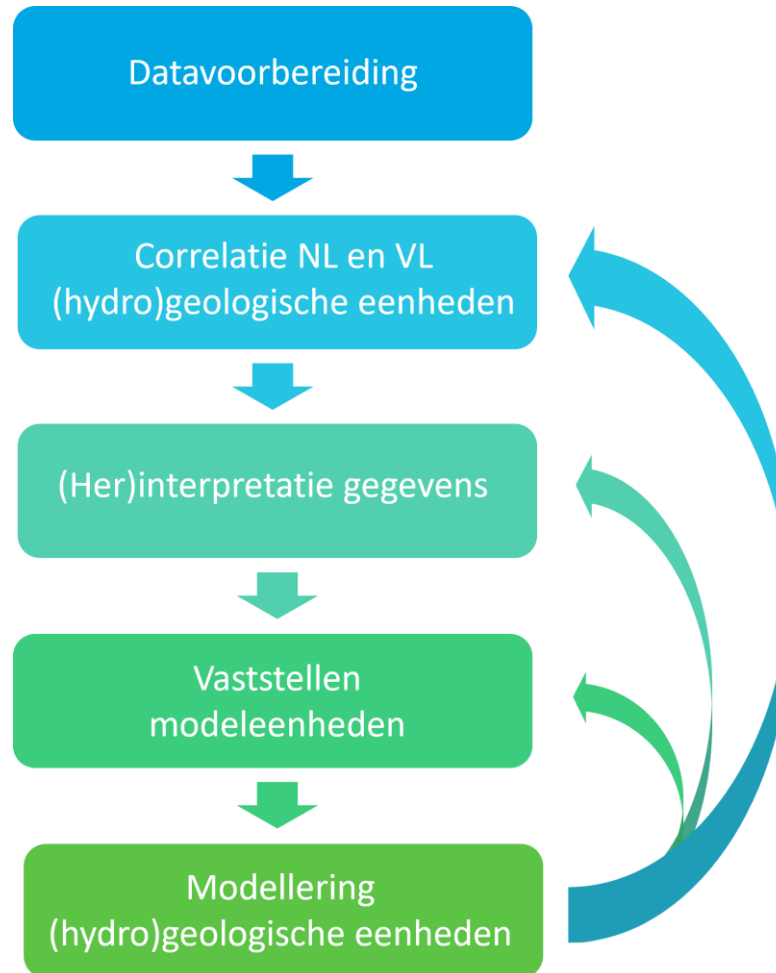
- TNO, Geologische Dienst Nederland (TNO-GDN)
- Provincie Noord-Brabant
- Brabant Water
  
- Vlaams Planbureau voor Omgeving
- Belgische Geologische Dienst van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (BGD-KBIN)
- Vlaamse Milieumaatschappij

## Opdrachtnemers:

- TNO-GDN
- VITO
- BGD-KBIN



# Uitvoering

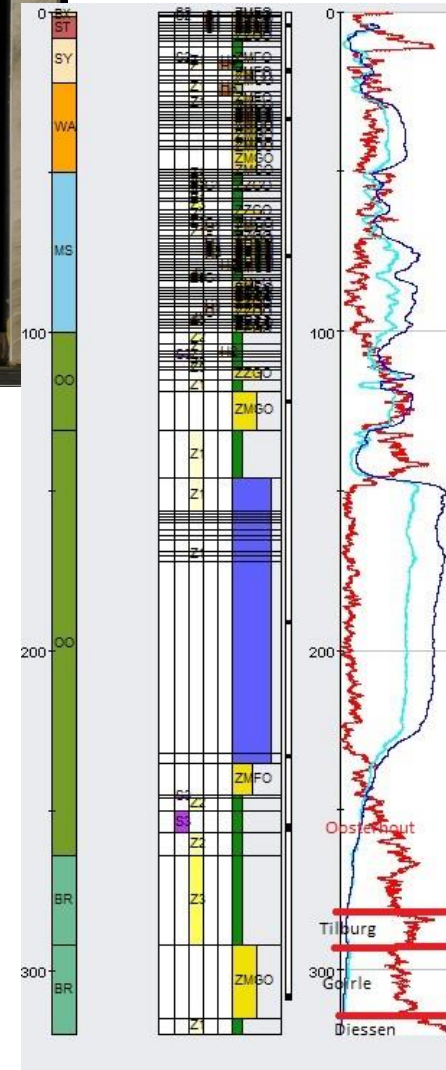




# Gebruikte datasets

## Boringen

- » Veel beschikbaar
- » MAAR grote variatie in kwaliteit  
→ selectiesets nodig
- » Bij voorkeur goede beschrijving en/of boorgatmetingen



Datavoorbereiding



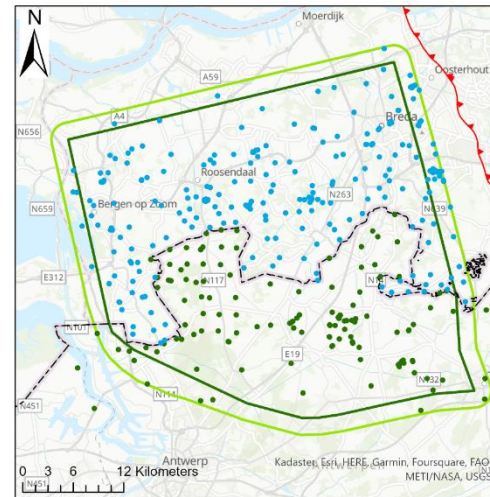
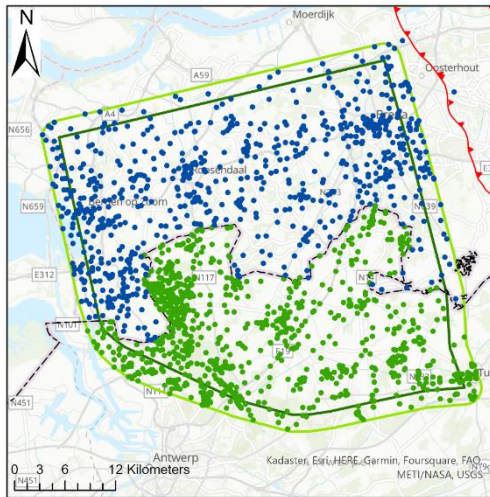
Samenstelling lithostratigrafische en hydrogeologische correlatietabel



(Her)interpretatie gegevens



Ondiepe en diepe modellering



# Gebruikte datasets

## Seismiek

- » Beperkte dekking in westelijk deel Belgische modelgebied
- » Grote verschillen in kwaliteit

Datavoorbereiding



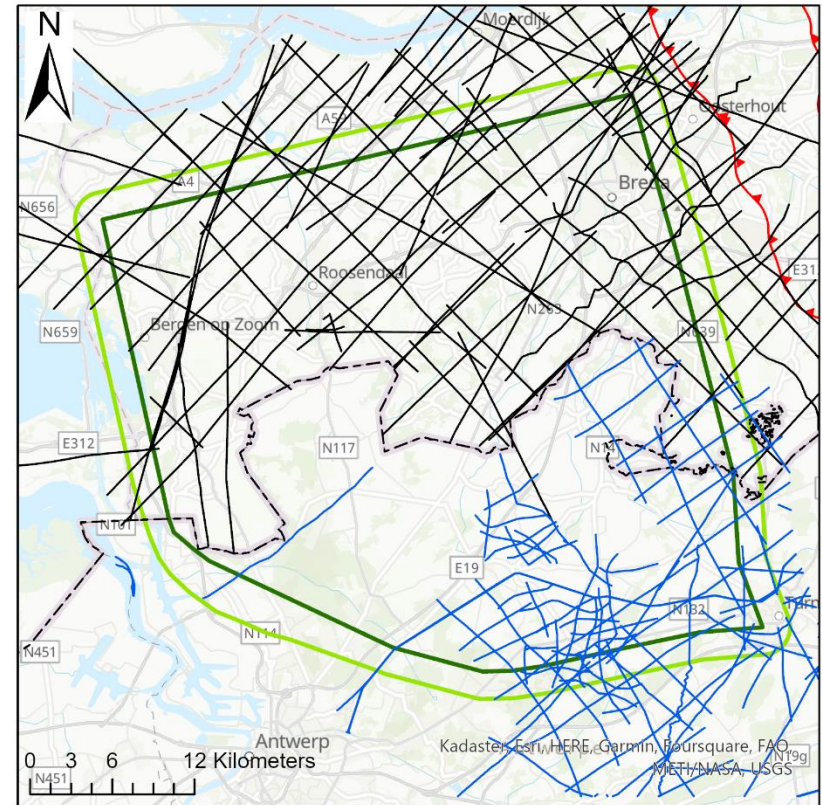
Samenstelling lithostratigrafische en hydrogeologische correlatietabel



(Her)interpretatie gegevens



Ondiepe en diepe modellering



- Landsgrens
- Seismiek NL
- Inventarisatiegebied
- Seismiek VL
- Modelgebied
- ▲ Breuk



# Gebruikte datasets

## Seismiek

- » Beperkte dekking in westelijk deel Belgische modelgebied
- » Grote verschillen in kwaliteit
- » Tijdens uitvoering van het project toevoeging van nieuwe seismische lijnen van het SCAN-onderzoeksprogramma

Datavoorbereiding



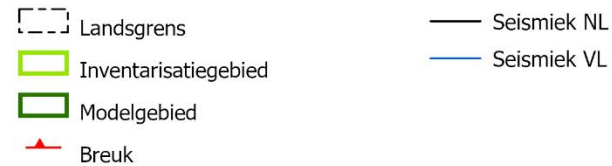
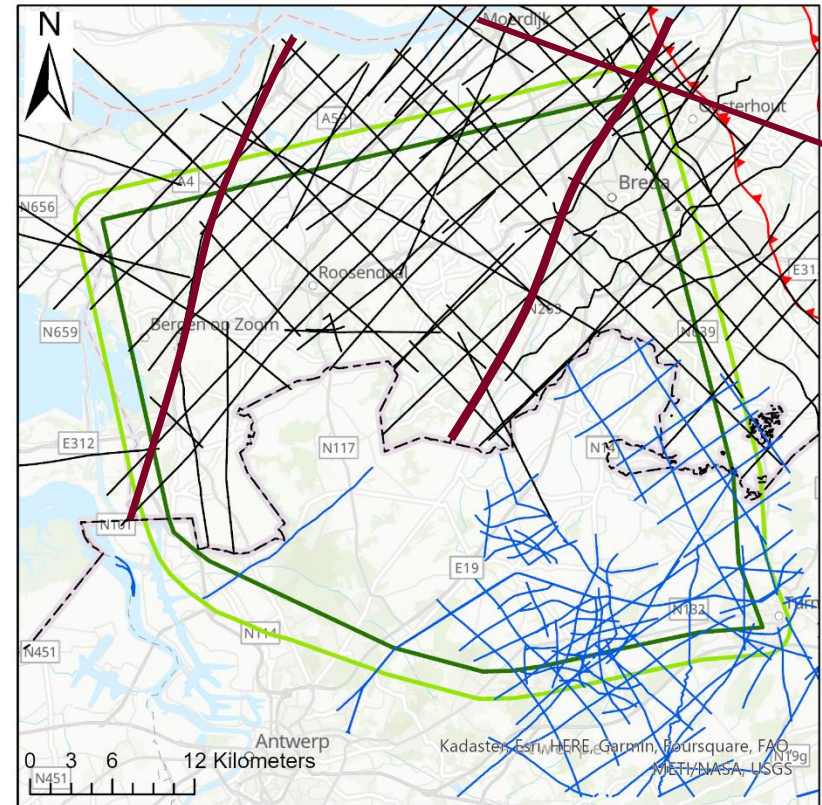
Samenstelling lithostratigrafische en hydrogeologische correlatietabel



(Her)interpretatie gegevens

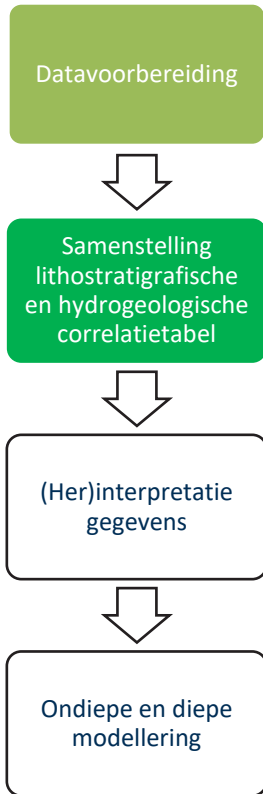


Ondiepe en diepe modellering



# Correlaties geologische eenheden

» Correlatietabel met correlaties tussen lithostratigrafische en hydrogeologische eenheden Nederland & Vlaanderen



Nederlandse stratigrafische eenheid (formatie - laagpakket)	Modeleenheid geologisch model DGM v2.2	Modeleenheid hydrogeologisch model REGIS II v2.2	Belgische stratigrafische eenheid (formatie - lid)	Modeleenheid geologisch model G3Dv3 (formatie)	Modeleenheid geologisch model G3Dv3 (lid)	Modeleenheden hydrogeologisch model H3Dv2 (code hoofd- sub- en basiseenheid, naam)			
Stramproy - ongedifferentieerd	SY	SYz1 SYK1 SYz2 SYK2 SYz3	Ravels <sup>3</sup>	Gent	Dilsen, Tisselt en Opgrimbie	A0150	A0151	Zandige deklagen	
Waalre - Woensdrecht	PZWA	WAK1	Weelde - Turnhout	Weelde	/*	A0210		Klei-zand complex van de Kempen	
/		PZWAz2	Weelde - Beerse						
Waalre - Hoogerheide		WAK2	Weelde - Rijkvorsel						
Waalre - ongedifferentieerd		PZWAz3	Malle - Vosselaar Malle - Brasschaat Merksplas	Malle	/*				
		PZWAz4		Merksplas	/*				
Maassluis	MS	MSz1 MSK1 MSz2 MSK2	/	/	/			/	
Oosterhout - Wouw	OO	OOK1	Lillo - Merksem + Zandvliet	Lillo en Poederlee	Merkssem en Zandvliet	A0220		A0221	Kleilig zand van Malle
Oosterhout - ongedifferentieerd		OOz2	Lillo - Kruisschans		Kruisschans			A0222	Zand van Merksplas
Oosterhout - Sprundel ("crags")			Lillo - Luchtbal + Oorderen	Luchtbal en Oorderen				A0223	Zanden van Zandvliet en Merksem
								A0224	Kleilig zand van Kruisschans
								A0225	Zanden van Oorderen en Luchtbal

# Correlaties geologische eenheden

» Chrono-  
lithostratigrafische  
correlatietabel met  
geologische tijdschaal &  
tektonische fasen

Datavoorbereiding



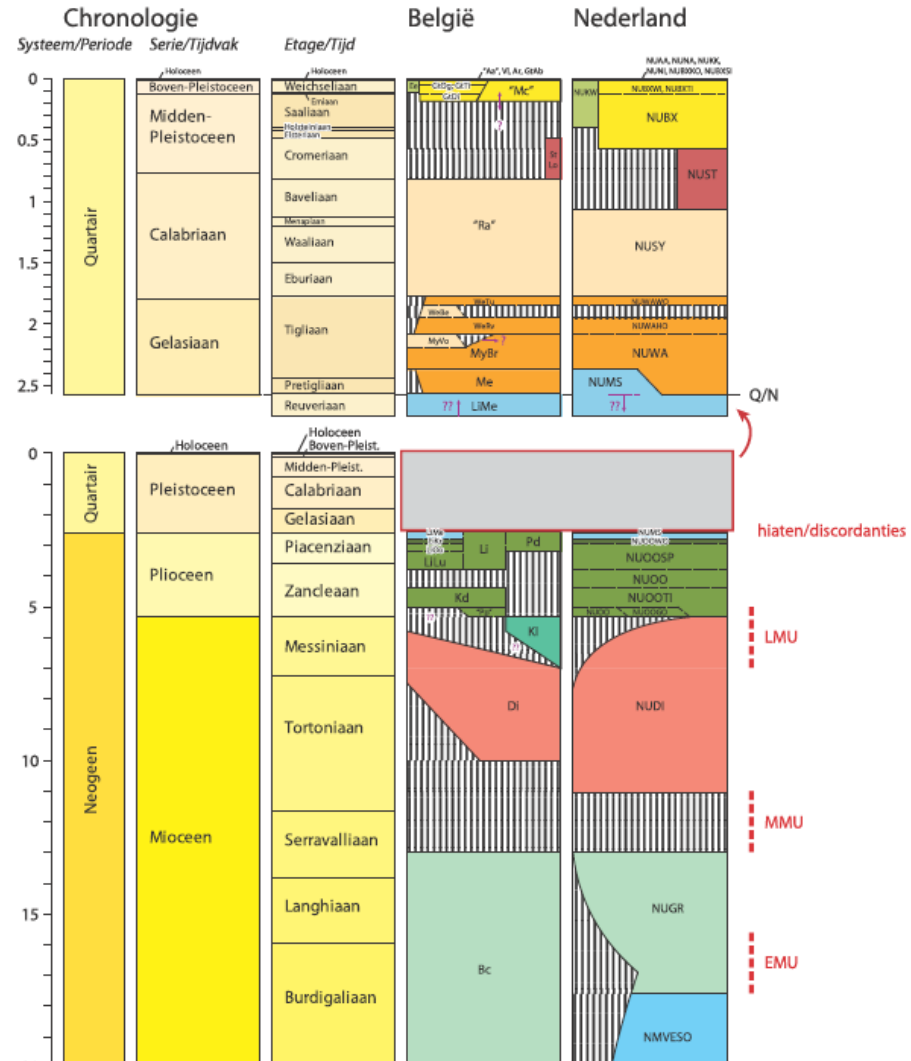
Samenstelling  
lithostratigrafische  
en hydrogeologische  
correlatietabel



(Her)interpretatie  
gegevens



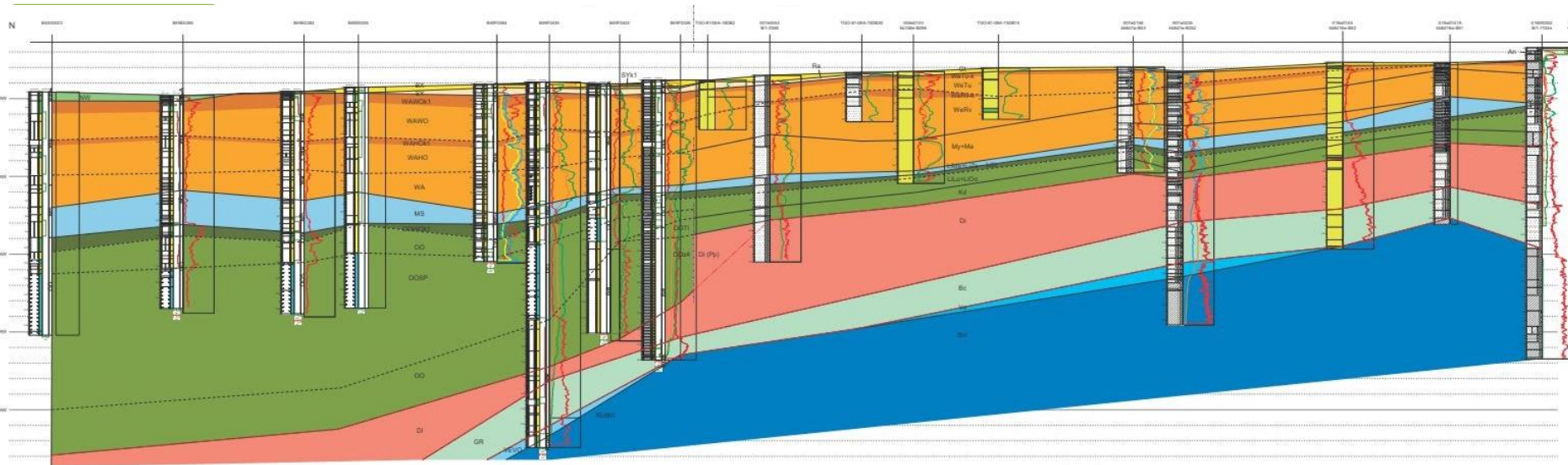
Ondiepe en diepe  
modellering



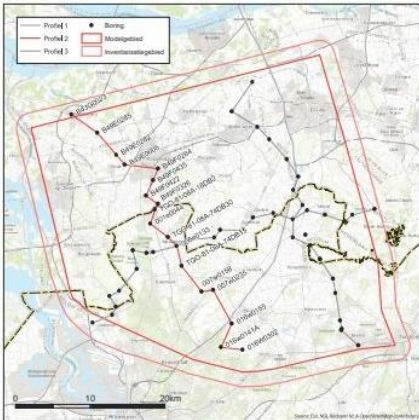


# Correlaties geologische eenheden

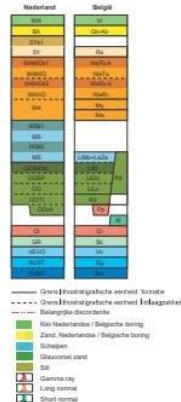
» Correlatieprofielen o.b.v. boringen & boorgatmetingen



Locatiekaart



Legende



# Correlaties geologische eenheden

» Correlatieprofiel o.b.v. diepe boringen en seismiek

Datavoorbereiding



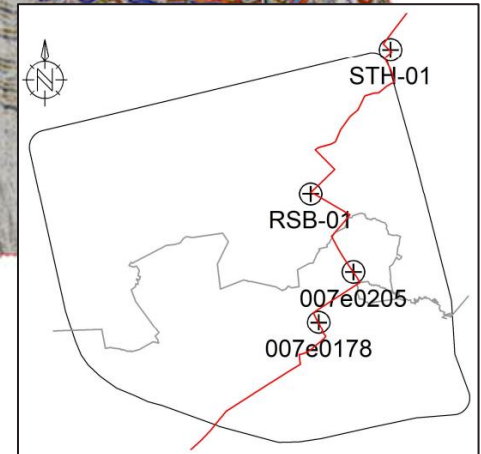
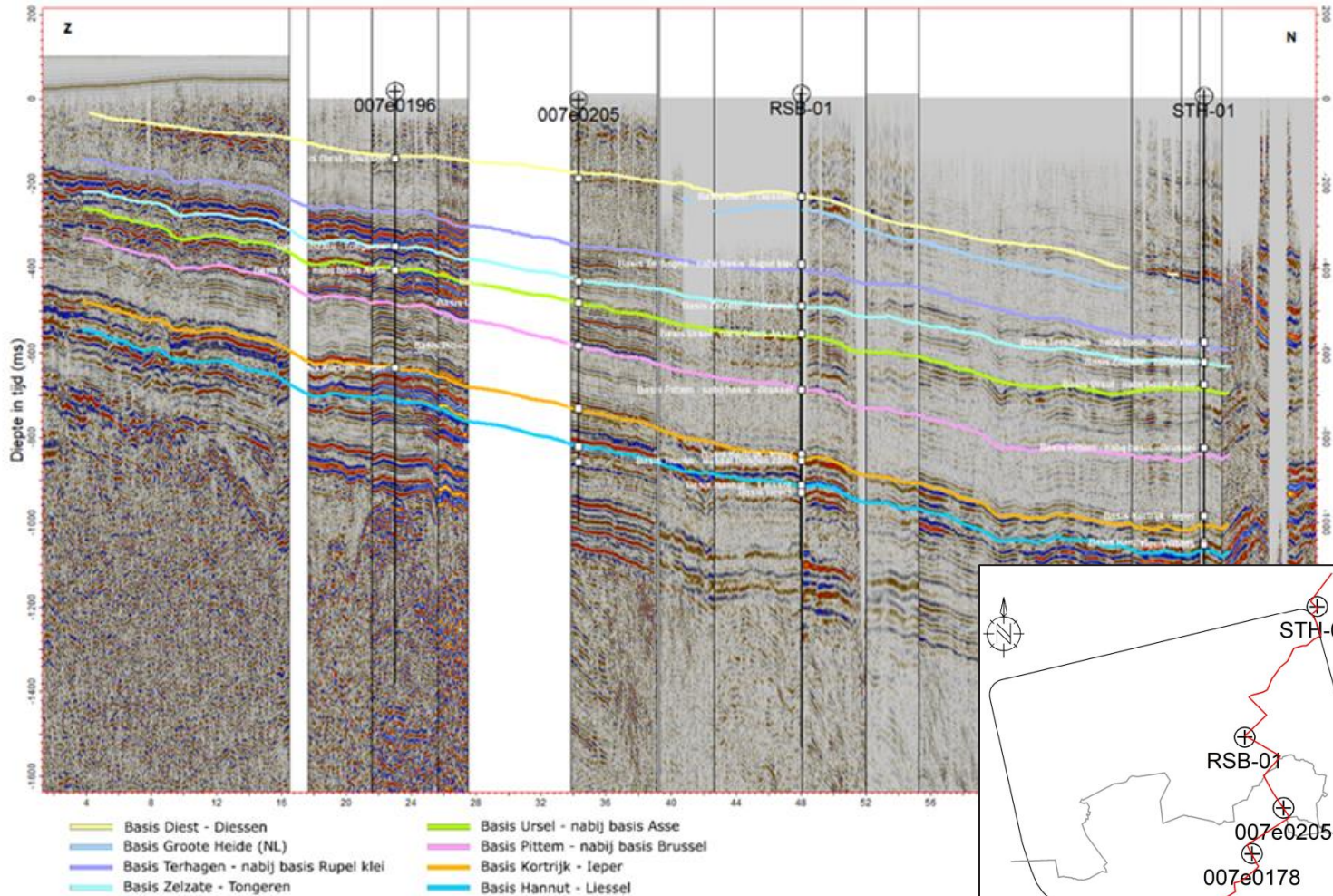
Samenstelling lithostratigrafische en hydrogeologische correlatietabel



(Her)interpretatie gegevens



Ondiepe en diepe modellering



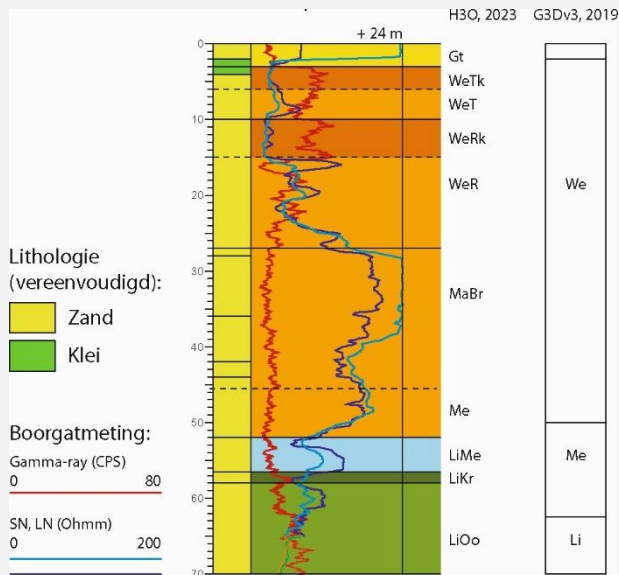




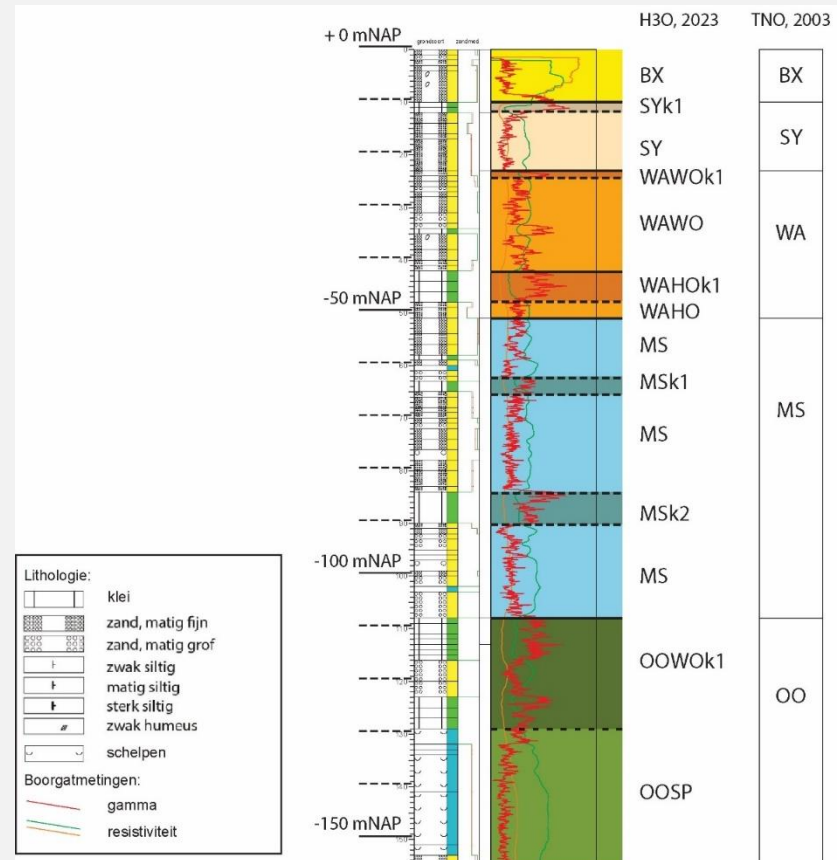
## Boringen

- » Brondata vorige karteringen
- » Bestaande interpretaties zo nodig herzien

### 008W0161 / kb8d8w-B25 Merksplas (BE)



### B44C0215 Prinsenbeek (NL)







# (Her)interpretaties

Datavoorbereiding



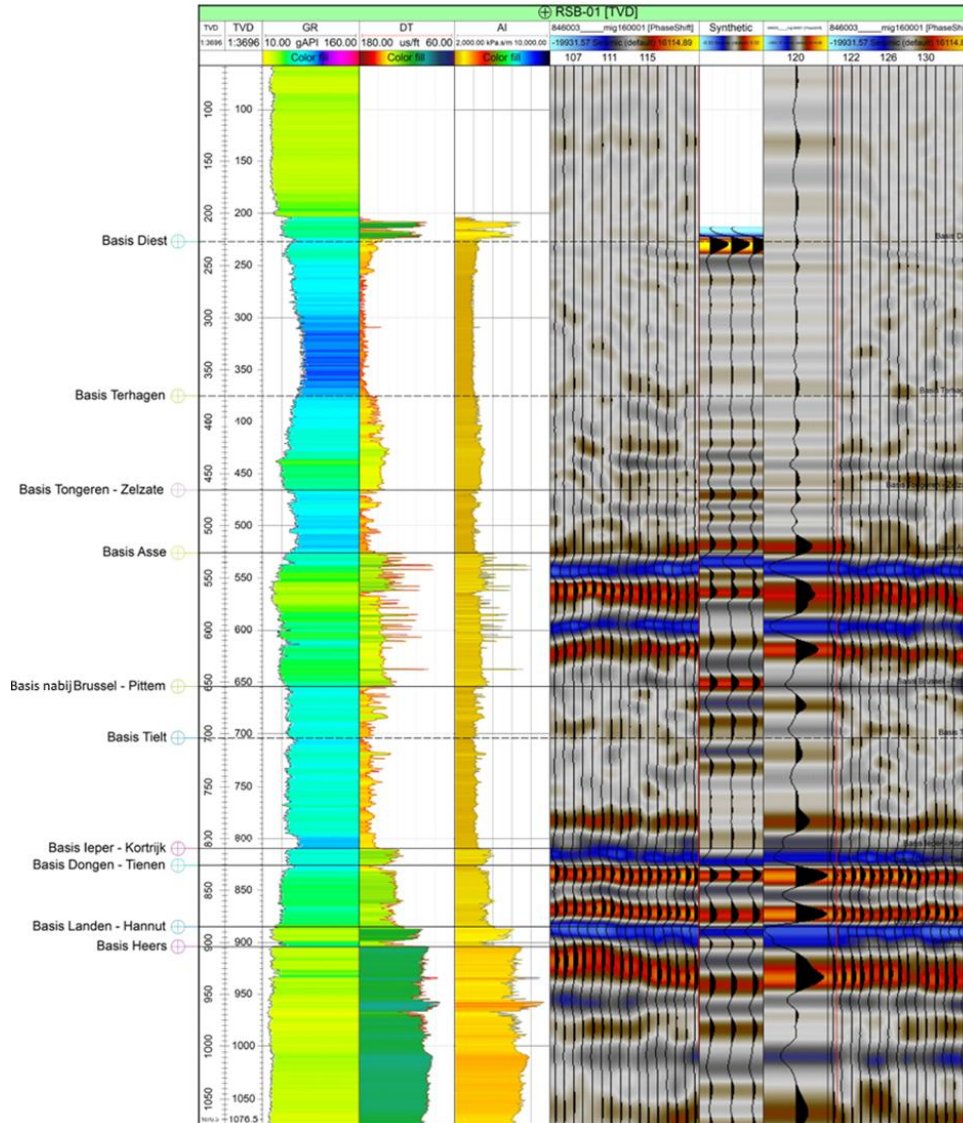
Samenstelling lithostratigrafische en hydrogeologische correlatietabel



(Her)interpretatie gegevens



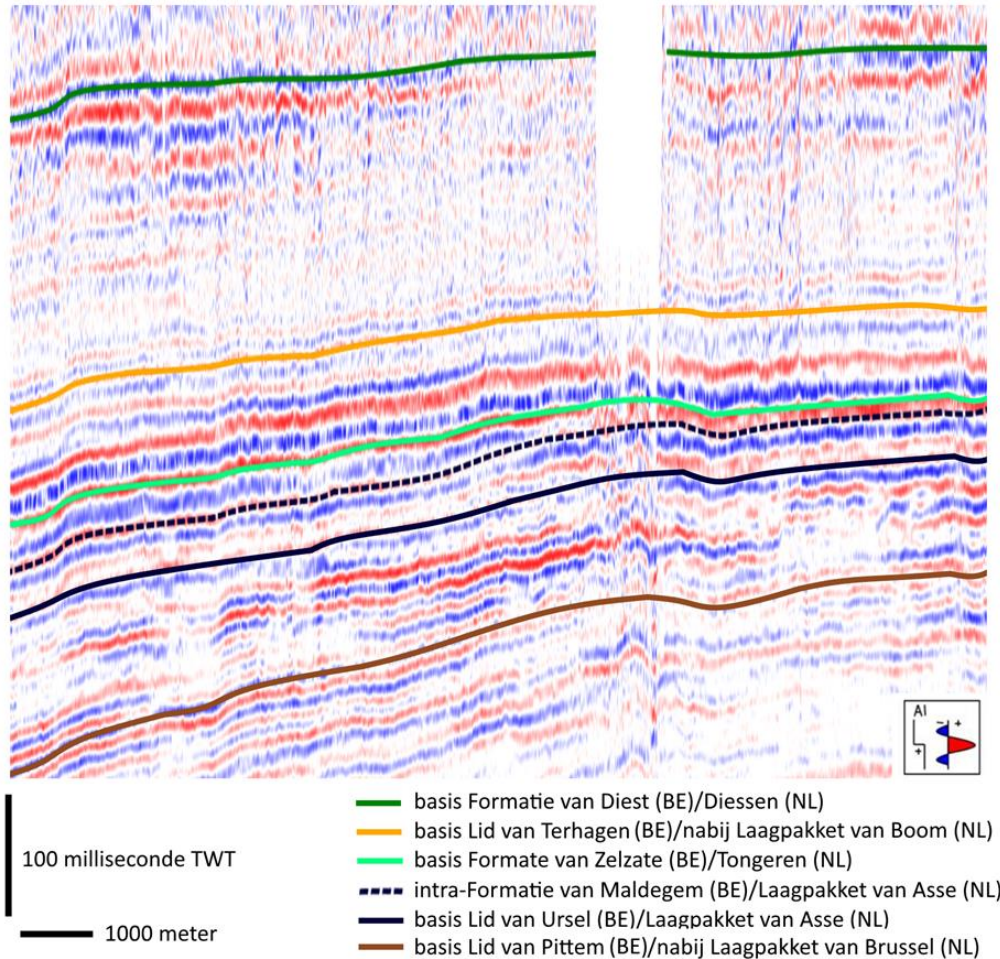
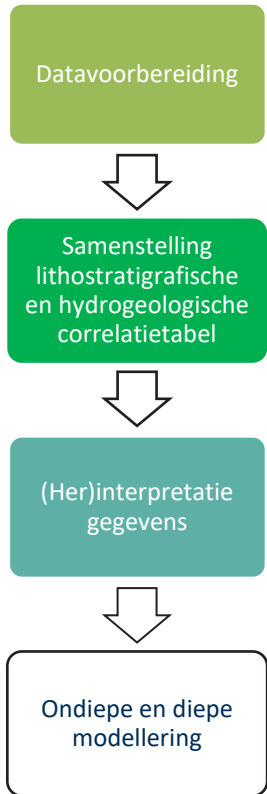
Ondiepe en diepe modellering



## Seismiek

- » Interpretatie laagvlakken
- » Vanuit boringen met snelheidsdata

# (Her)interpretaties



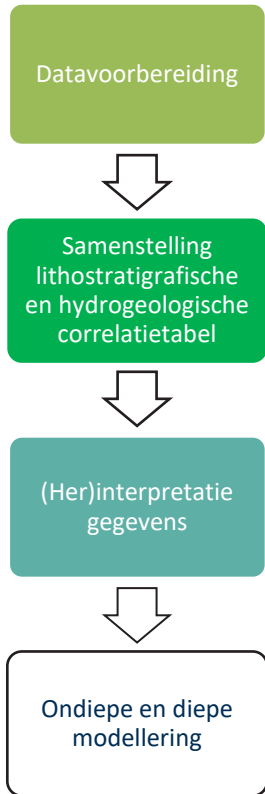
## Seismiek

- » Interpretatie laagvlakken
- » Horizons vervolgen vanuit de boringen

# (Her)interpretaties

## Seismiek

### » Selectie van horizons



Nederlandse stratigrafische eenheid (formatie - laagpakket)	NL Hydrogeologische modelleenheid H30-VK	Belgische stratigrafische eenheid (formatie - lid)	Geologische modelleenheid H30-VK (BE)	
Breda - ongedifferentieerd (Diessen <sup>1</sup> )	Dlz1	Diest	Diest	Top Laagpakket van Grootte Heide (NL) / Basis Formatie van Diest (BE)
Breda - Rucphen (Grootte Heide <sup>1</sup> )	GRVEc	Berchem - Antwerpen + ongedifferentieerd	Voort en Berchem	
/		Berchem - Edegem		
Veldhoven - Wintelre		Voort - Veldhoven		
Veldhoven - Voort		Voort - Voort		
Rupel - Steensel	RUBOk1	Eigenbilzen	Boom en Eigenbilzen	Basis Laagpakket van Grootte Heide (NL) (Alleen NL)
Rupel - Boom		Boom - Boeretang		
		Boom - Putte		
Rupel - Belsele-Waas + Berg		Boom - Terhagen		Nabij basis Laagpakket van Boom (NL) / Formatie van Boom (BE)
Tongeren - Ruisbroek	TOz1	Boom - Belsele-Waas	Zelzate	Basis Formatie van Tongeren (NL) / Formatie van Zelzate (BE)
Tongeren - Watervliet		Zelzate - Ruisbroek		
Tongeren - Bassevelde		Zelzate - Watervliet		
Dongen - Asse	DOAsk1	Zelzate - Bassevelde	Maldegem (exclusief Wemmel)	Nabij basis Laagpakket van Asse (NL) / Lid van Ursel van de Formatie van Maldegem (BE)
		Maldegem - Onderdijke		
		Maldegem - Buisputten		
		Maldegem - Zomergem		
		Maldegem - Onderdale		
Dongen - Brussel	DOBRz1	Maldegem - Ursel	Gentbrugge - Vlierzele, Aalter, Brussel, Lede en Maldegem - Wemmel	
		Maldegem - Asse		
		Maldegem - Wemmel		
		Lede		
		Brussel		
		Aalter - Oedelem		
		Gentbrugge - Vlierzele		

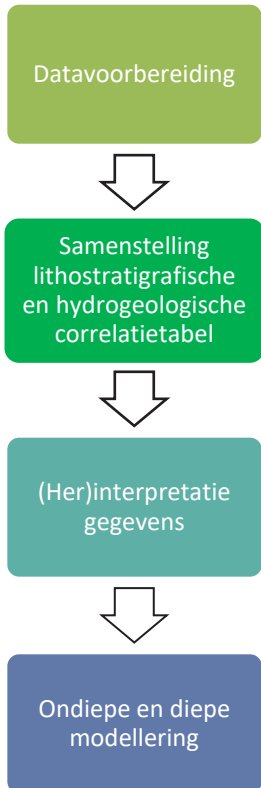






# Modellering

» Twee bestaande methodieken voor één model



## Ondiepe methode

- Boringen
- Modellering in diepte-domein
- Isatis (TNO) en ArcGIS (VITO)
- Combinatie geologisch en hydrogeologisch model

## Diepe methode

- Seismiek met enkele boringen
- Modellering in tijdsdomein en daarna tijd-diepte-conversie
- Petrel (TNO) en GOCAD (VITO)
- Eerst seismische horizons en dan de tussenliggende vlakken

Aansluitend model

# Modellering

- » Diepe model
- Interpretaties van seismiek aan weerszijde van de grens samenvoegen in één set
- Deze set interpoleren tot een tijdsvlak

Datavoorbereiding



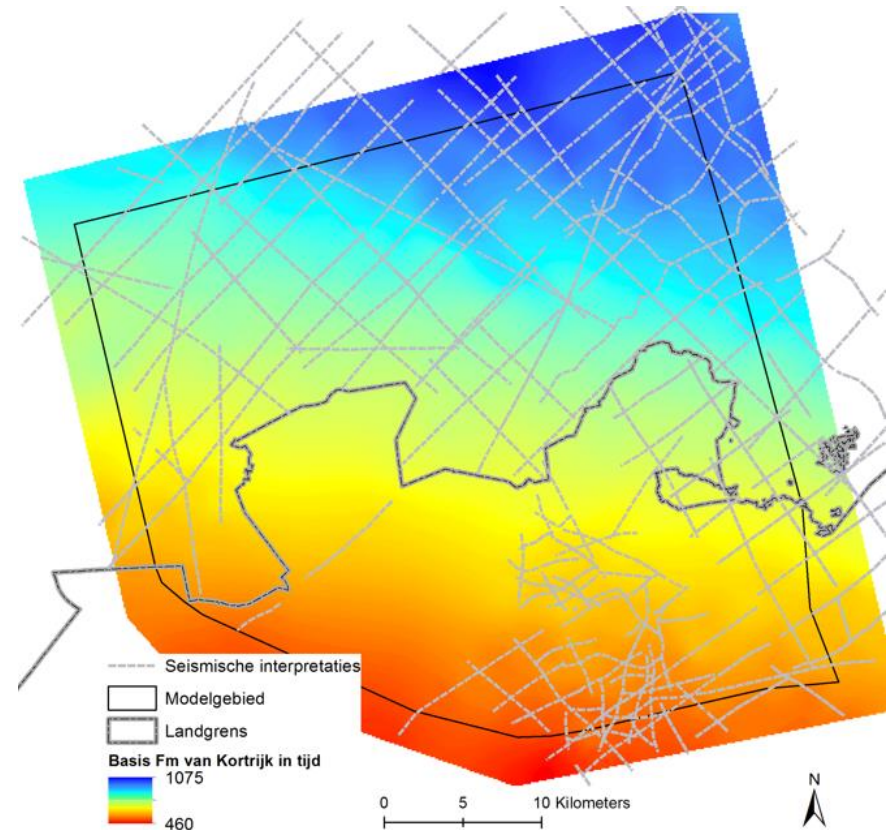
Samenstelling lithostratigrafische en hydrogeologische correlatietabel



(Her)interpretatie gegevens



Ondiepe en diepe modellering





# Modellering

## » Diepe model

- Omzetten van tijdsvlak naar een dieptevlak via snelheidsmodellen

Datavoorbereiding



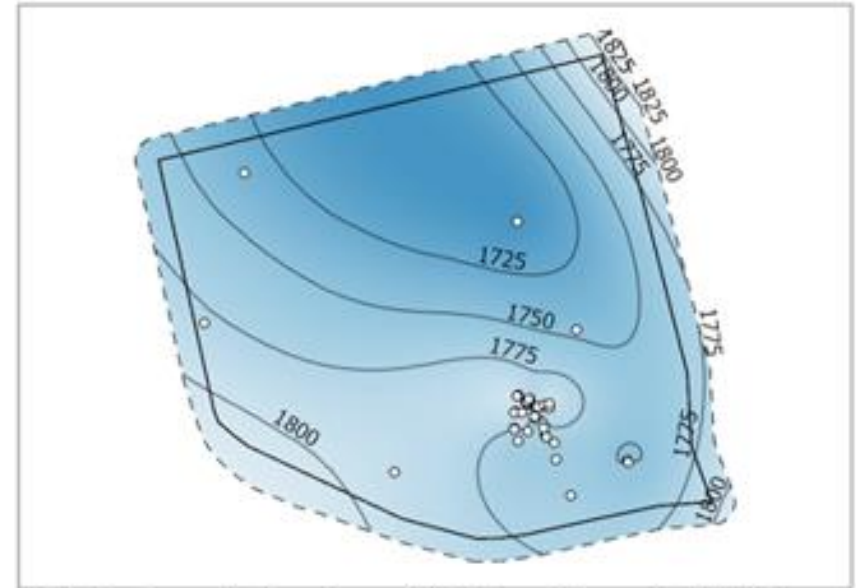
Samenstelling lithostratigrafische en hydrogeologische correlatietabel



(Her)interpretatie gegevens



Ondiepe en diepe modellering



v0 Basis Laagpakket van Ieper (NL) / Formatie van Kortrijk (BE)



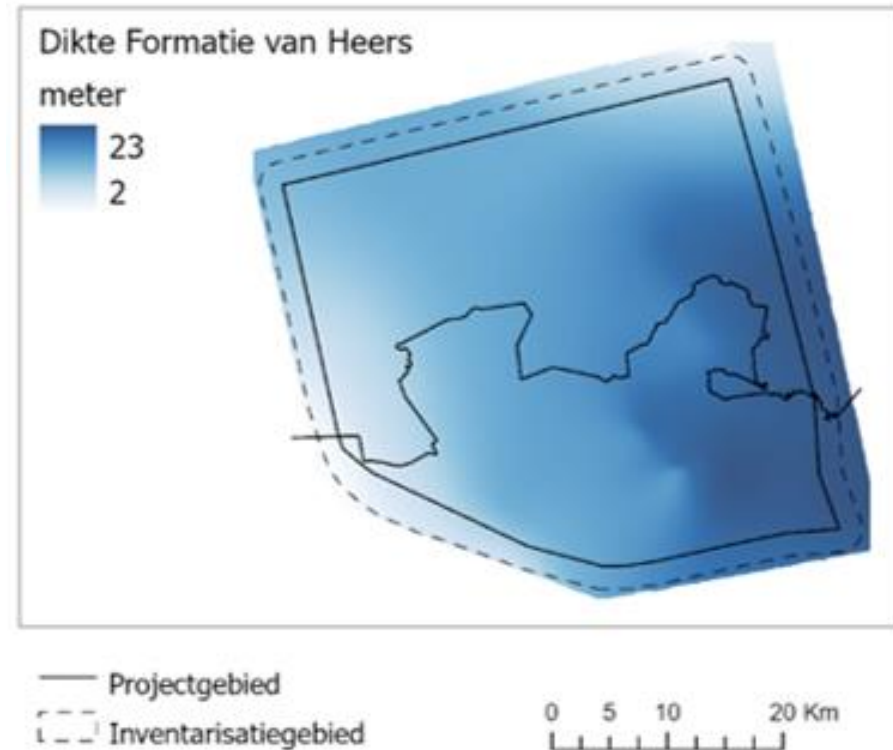
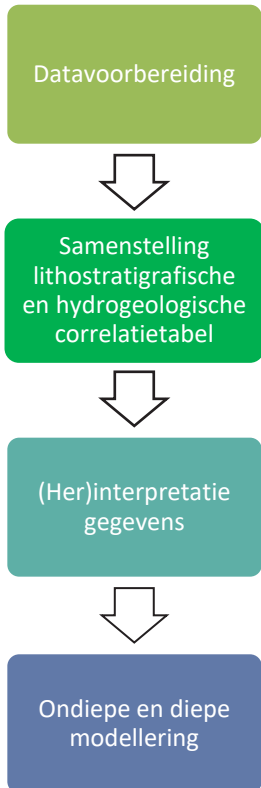
- Putlocaties
- projectgebied
- - - Inventarisatiegebied



# Modellering

## » Diepe model

- Modelleren tussenliggende lagen op basis van diktekaarten/-stapeling



# Modellering

## » Ondiepe model

- Stap 1a/b: model maken per land tot over de grens op basis van gezamenlijk geïnterpreteerde data

Datavoorbereiding



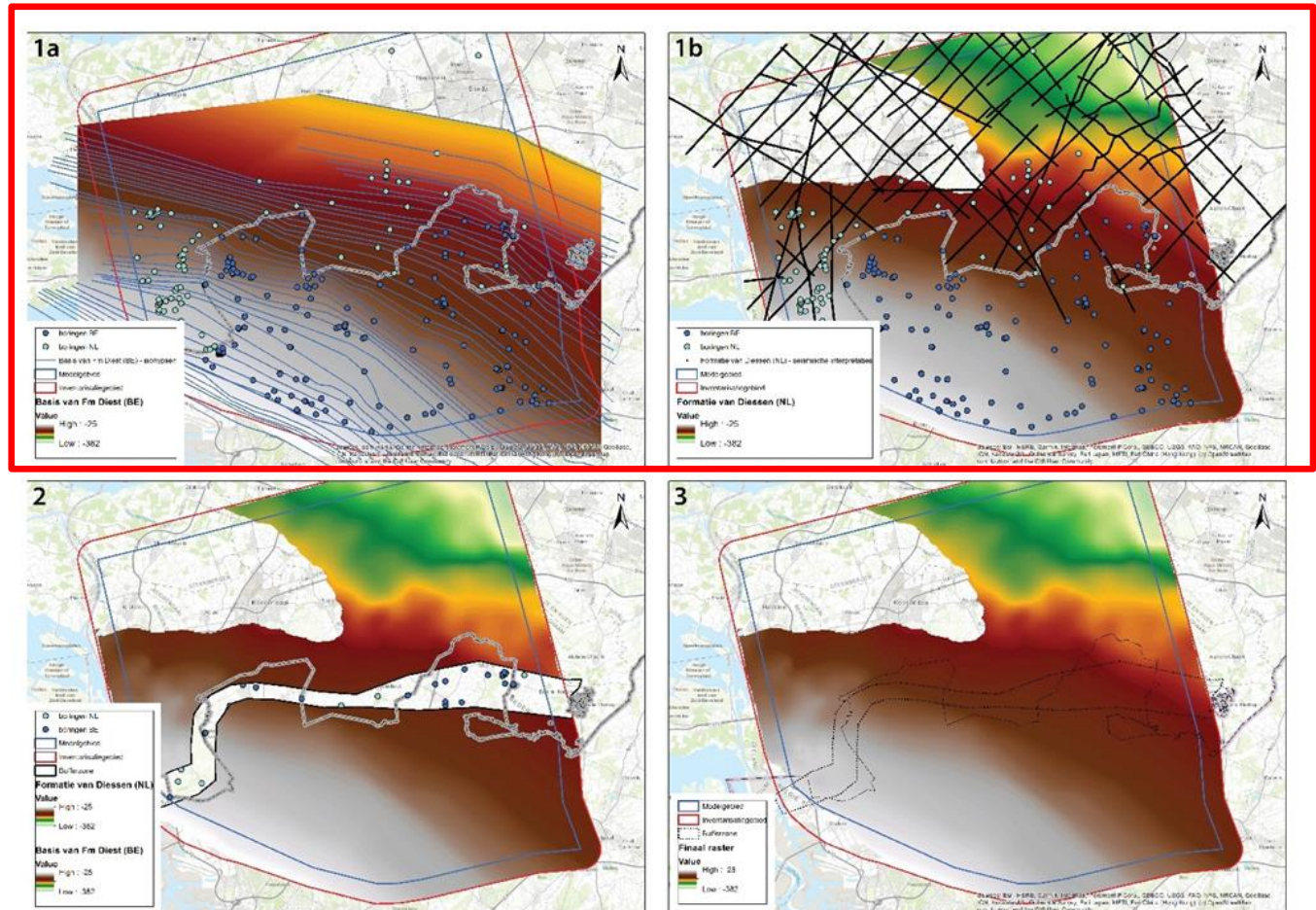
Samenstelling  
lithostratigrafische  
en hydrogeologische  
correlatietabel



(Her)interpretatie  
gegevens



Ondiepe en diepe  
modellering





# Modellering

## » Ondiepe model

- Stap 2: bufferzone maken per laag voor de zone waar beide modellen aangesloten gaan worden

Datavoorbereiding



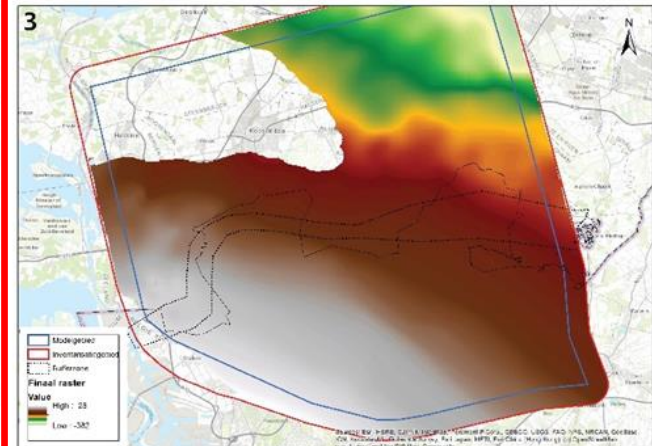
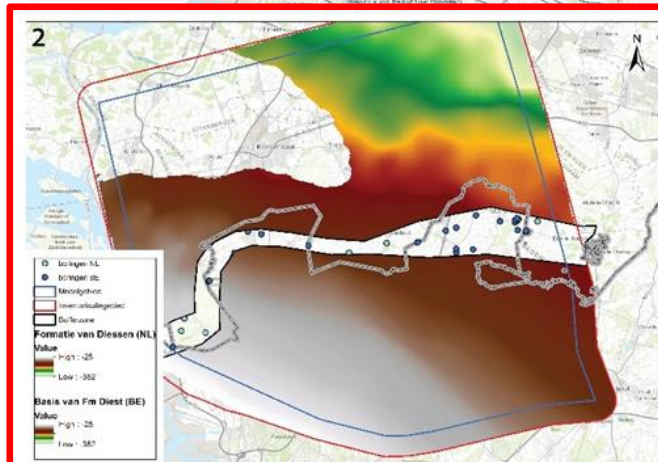
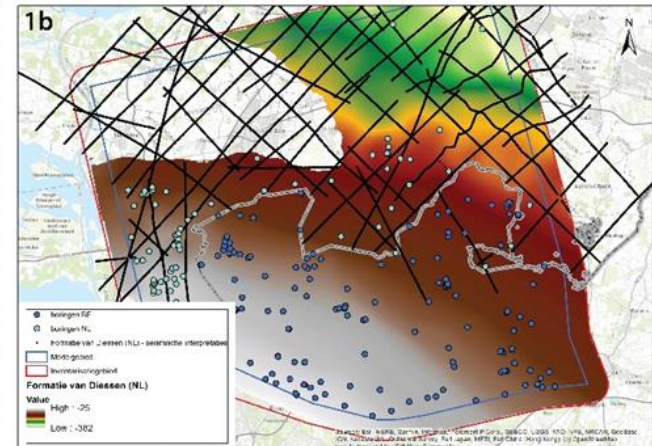
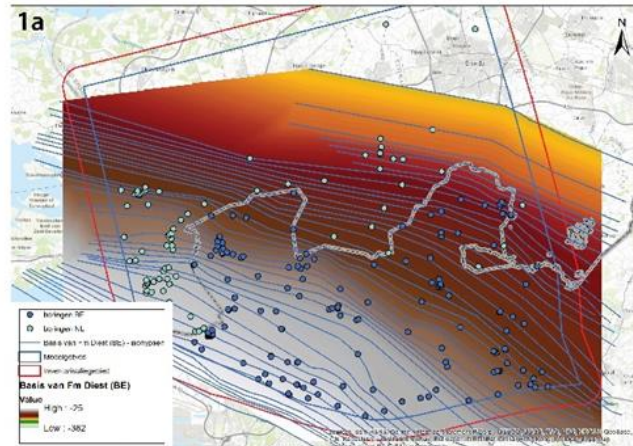
Samenstelling lithostratigrafische en hydrogeologische correlatietabel



(Her)interpretatie gegevens



Ondiepe en diepe modellering





# Modellering

## » Ondiepe model

- Stap 3: bufferzone dicht interpoleren met gebruik van modellen aan weerszijde in combinatie met boordata in de bufferzone

Datavoorbereiding



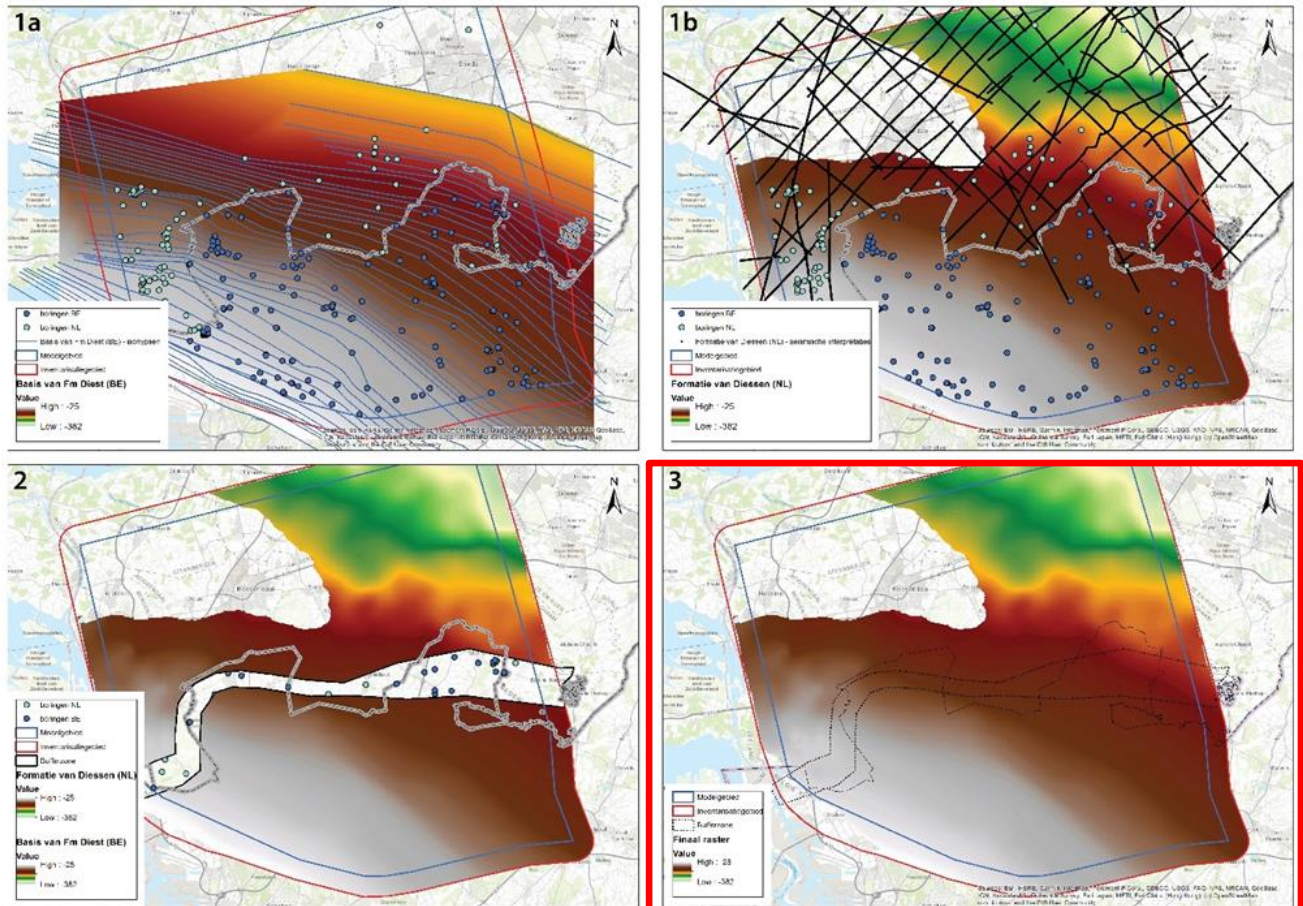
Samenstelling lithostratigrafische en hydrogeologische correlatietabel



(Her)interpretatie gegevens

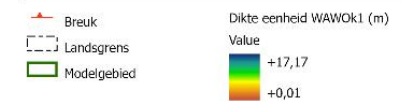
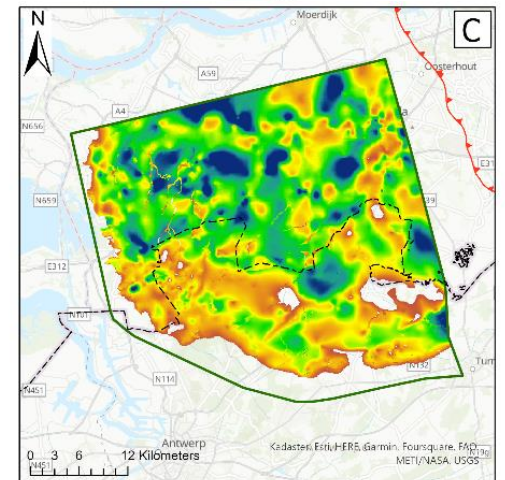
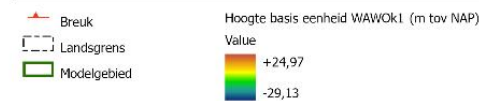
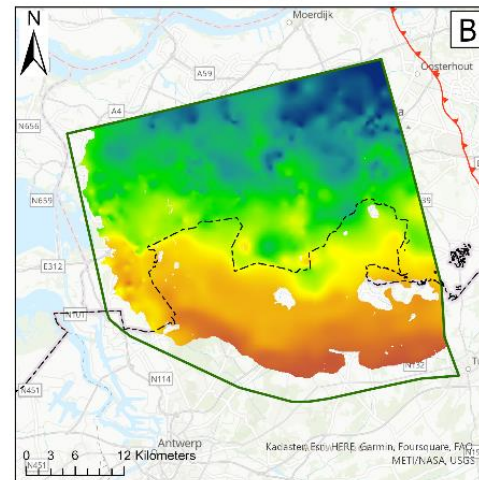
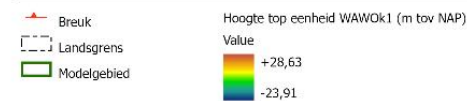
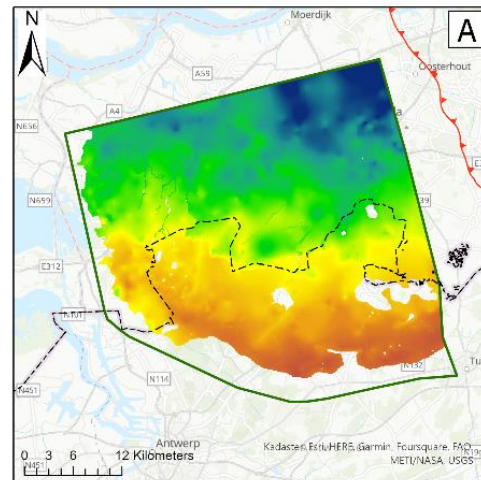
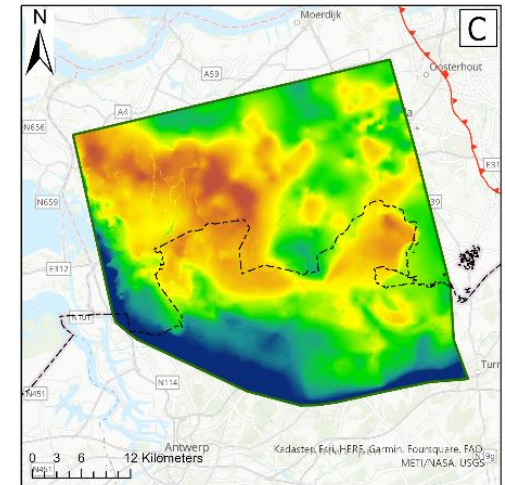
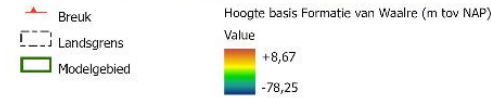
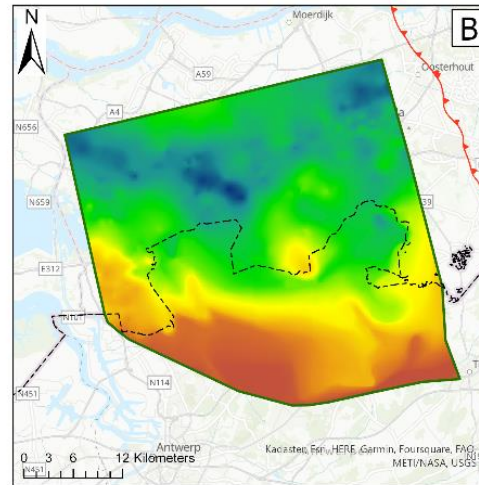
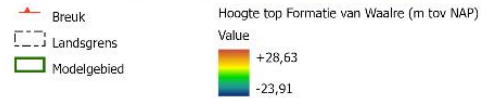
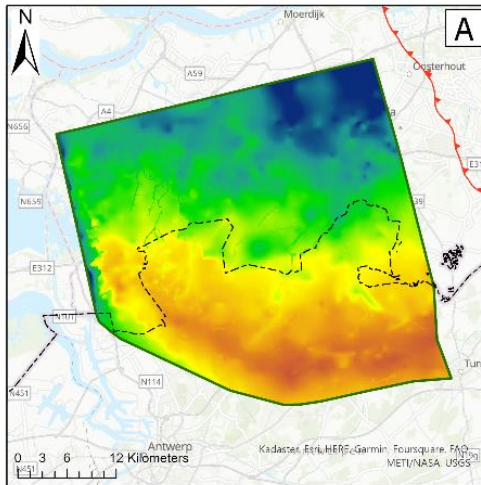


Ondiepe en diepe modellering



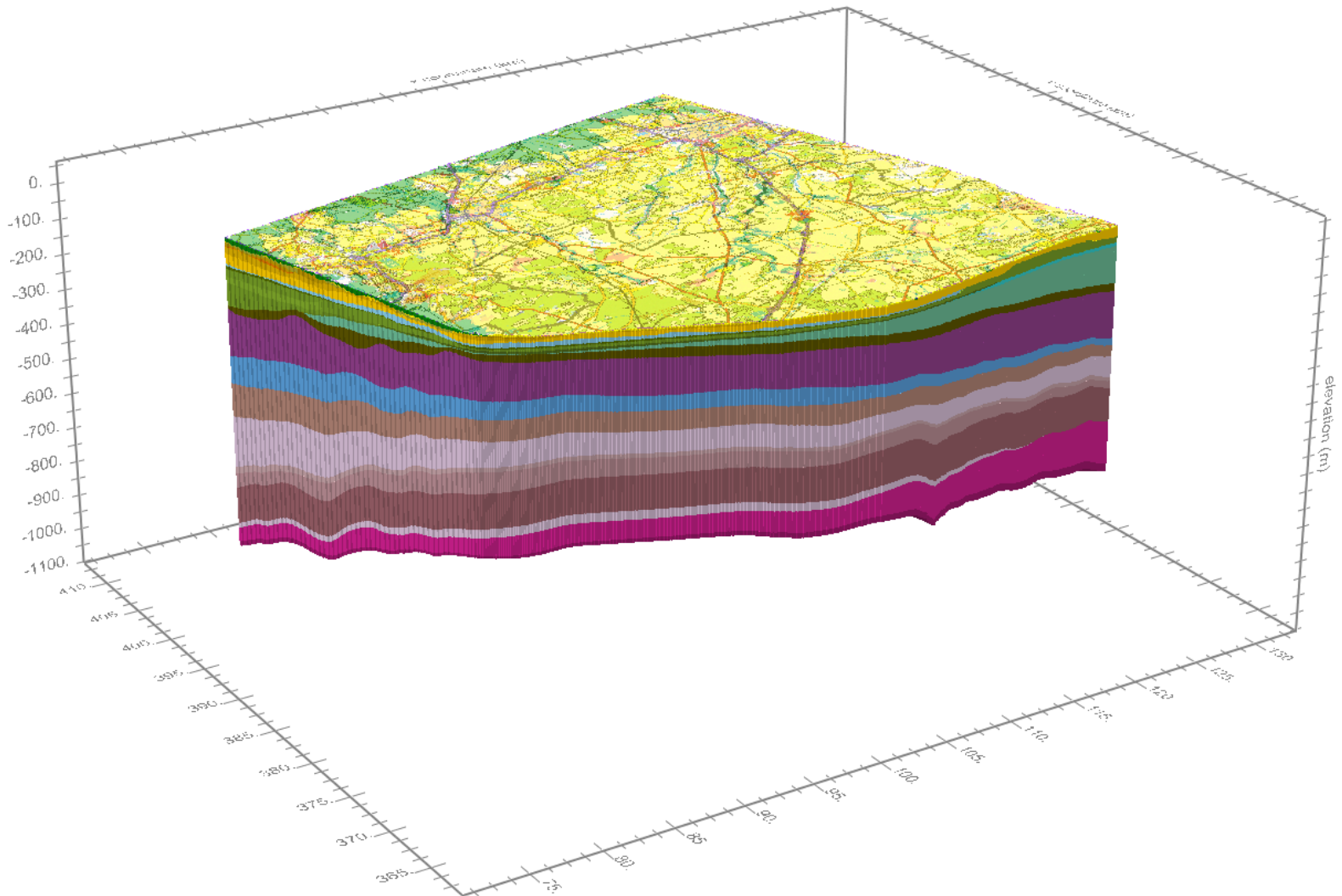


# Eindproduct



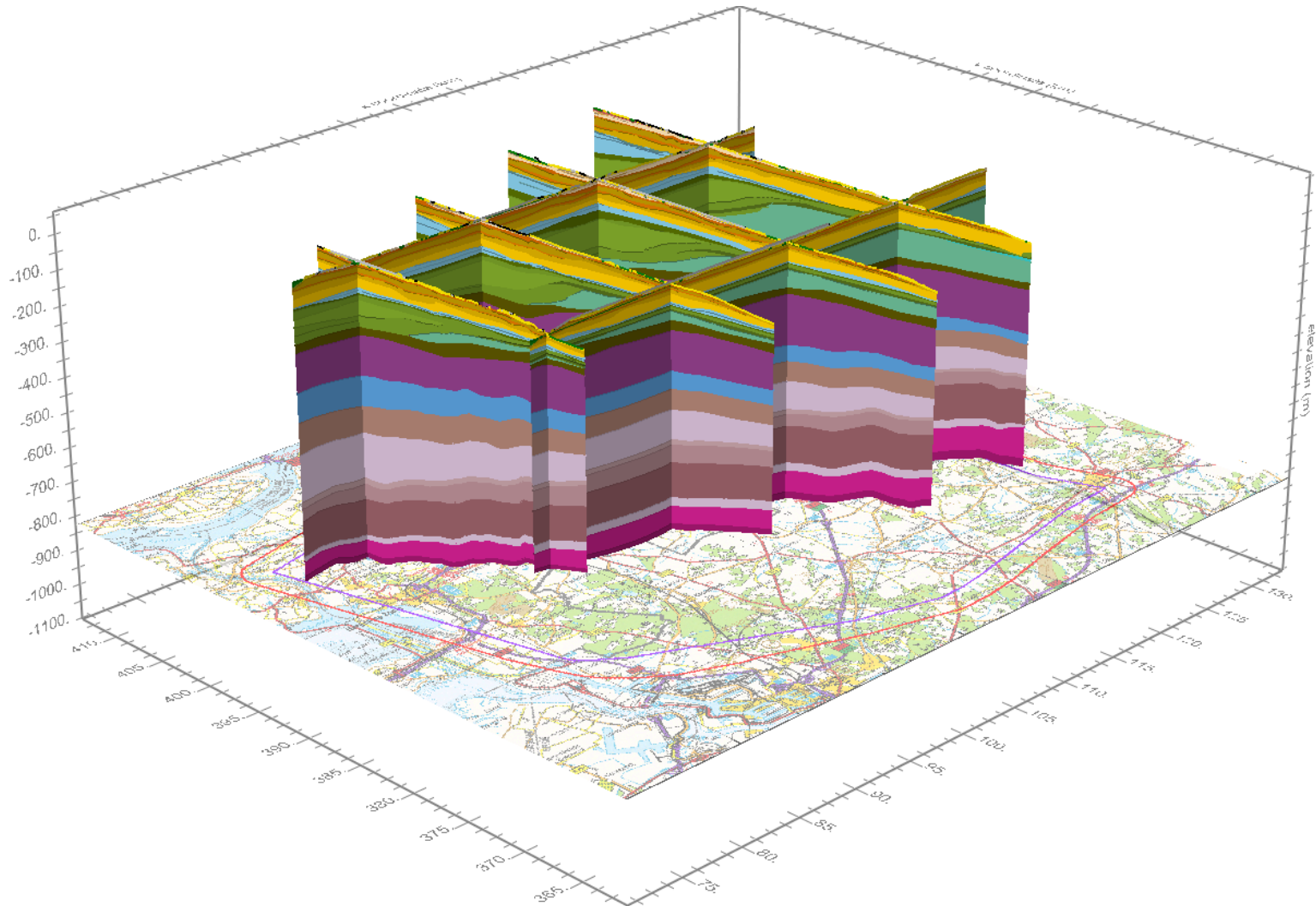
# Eindproduct

» Geologisch model in 3D



# Eindproduct

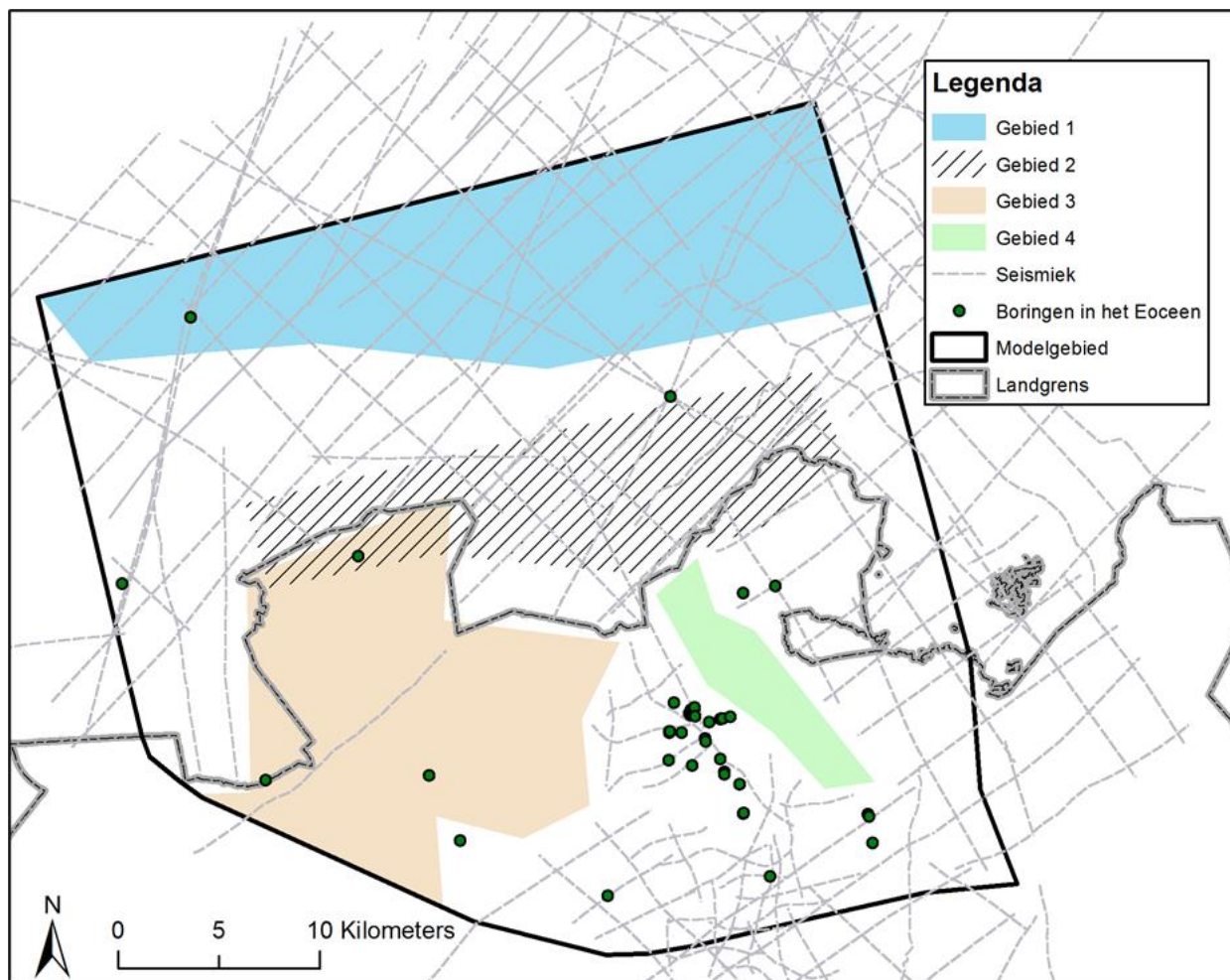
- » Hydrogeologisch model in fence-diagram





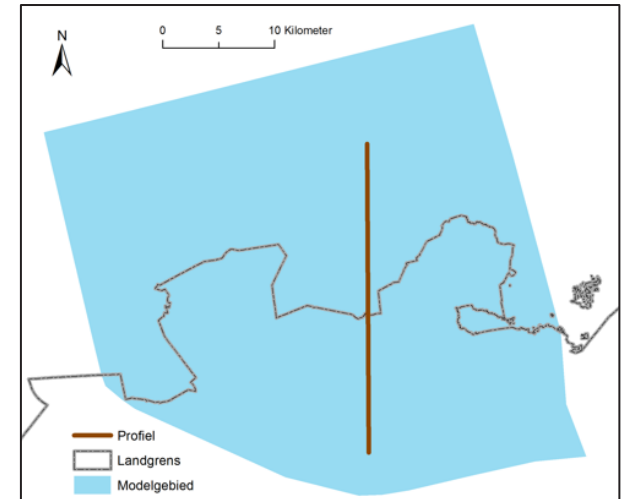
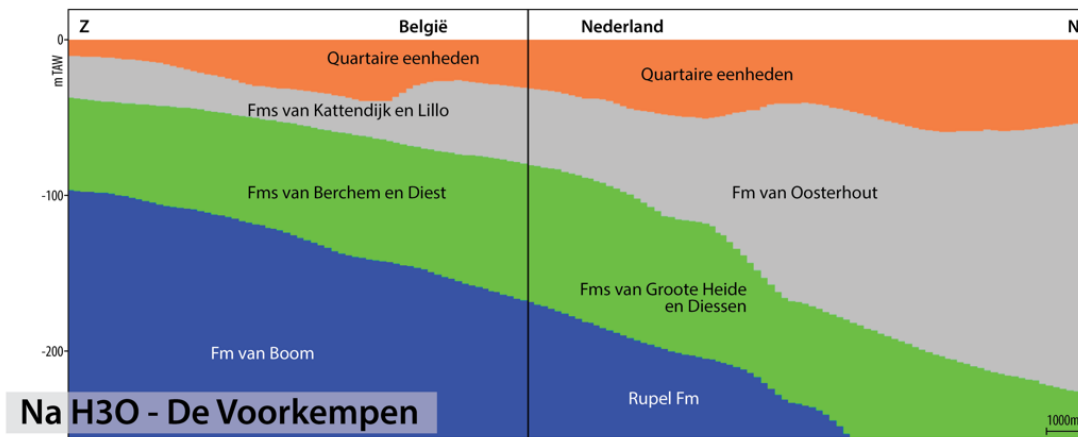
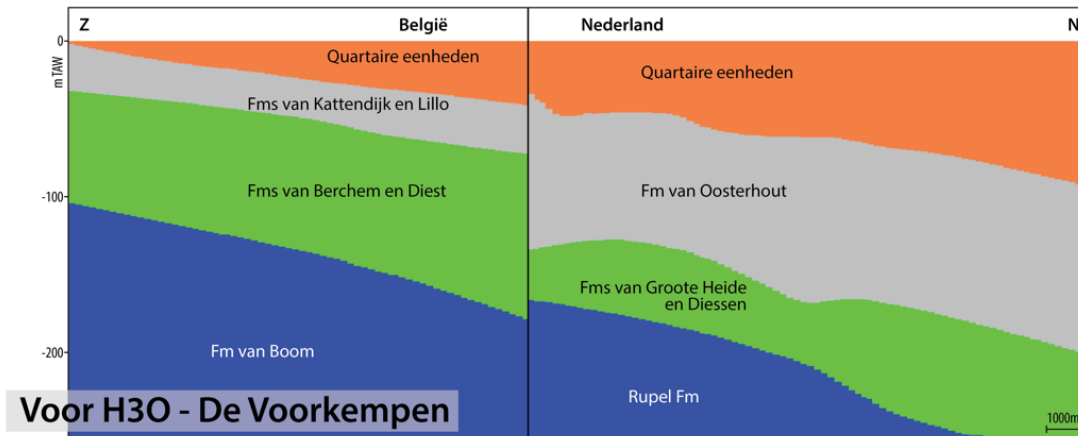
# Eindproduct

- » Onzekerheden in het model ten gevolge van (slechte) spreiding datapunten



# Verschillen met voorgaande modellen

» Aansluitingsproblemen aan grens zijn opgelost



# Verschillen met voorgaande modellen

» Nieuwe gemodelleerde eenheden in Nederland

Nederlandse stratigrafische eenheid (formatie - laagpakket)	Modeleenheid geologisch model DGM v2.2	Modeleenheid hydrogeologisch model REGIS II v2.2	Modeleenheid (incl. voorstel aanpassingen & uitbreidingen) hydrogeologisch model REGIS II
Waalre - Woensdrecht	PZWA	Wak1	WAWOk1 <sup>2</sup>
/		PZWAz2	WAWOz2 <sup>2</sup>
/		/	/
Waalre - Hoogerheide		Wak2	WAHOk1 <sup>2</sup>
/		PZWAz3	WAHOz2 <sup>2</sup>
Waalre - ongedifferentieerd		PZWAz4	WAZ3 <sup>2</sup>

# Verschillen met voorgaande modellen

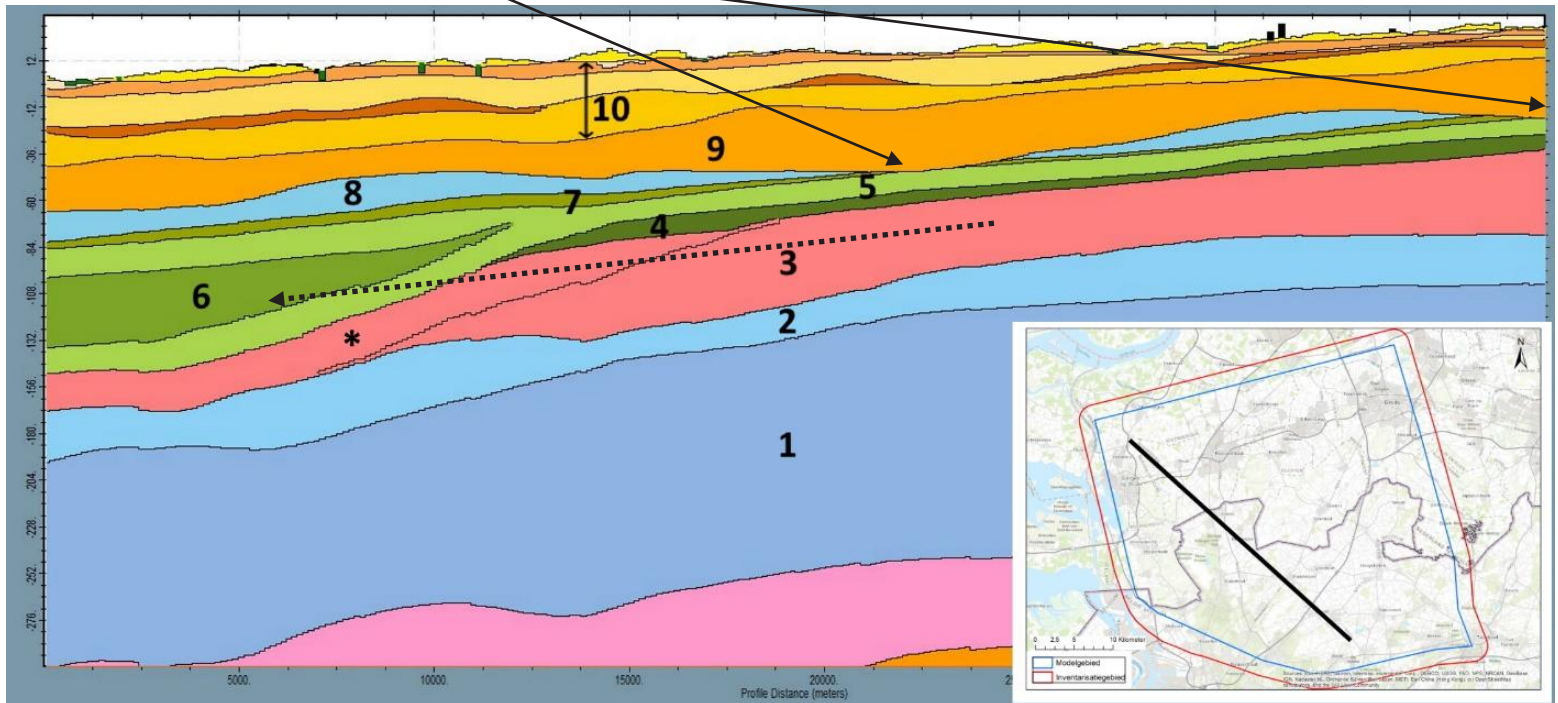
» Nieuwe gemodelleerde eenheden in België

Subeenheid	Basiseenheden	Naam
A0190_VK	-	Zand van Ravels
A0210	A0211_VK	Zandige klei van Turnhout
	A0212_VK	Kleiige zanden van Turnhout en Beerse
	A0213_VK	Zandige klei van Rijkevorsel
A0220_VK	A0221_VK	Kleiige zanden van Rijkevorsel



# Verschillen met voorgaande modellen

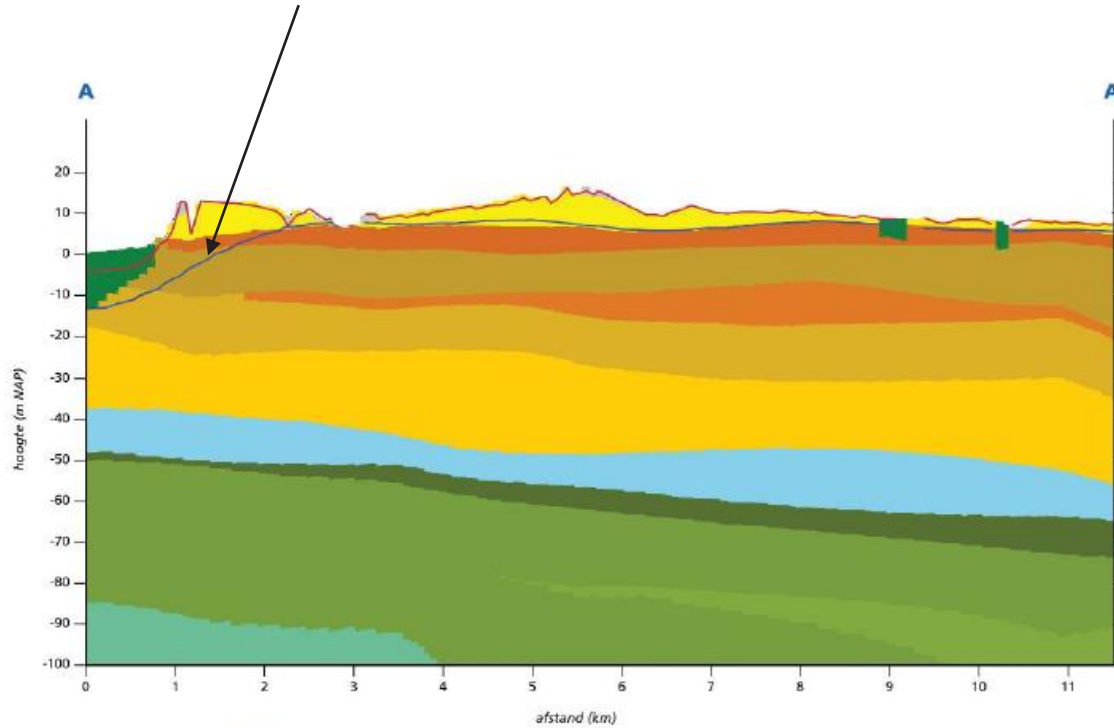
- » Progradatie overgang Mioceen naar Plioceen
- » Erosiegeulen aan basis Quartair



1= fms van Boom en Eigenbilzen (BE) / Fm van Rupel (NL); 2= fms van Voort en Berchem (BE) / fms van Veldhoven en Grootte Heide (NL); 3= Fm van Diest (BE) / Fm van Diessen (NL); 4= Fm van Kattendijk (BE) / Laagpakket van Tilburg – Formatie van Oosterhout (NL); 5= leden van Luchtbal en Oorderen – Fm van Lillo (BE) / Fm van Oosterhout – ongedifferentieerd (NL); 6= Laagpakket van Sprundel – Formatie van Oosterhout (NL); 7= Lid van Kruisschans – Fm van Lillo (BE) / Laagpakket van Wouw – Fm van Oosterhout (NL); 8= leden van Merkssem en Zandvliet – Formatie van Lillo (BE) / Fm van Maassluis (NL); 9= fms van Malle en Merksplas (BE) / Fm van Waalre – ongedifferentieerde onderste deel (NL); 10= Fm van Weelde (BE) / laagpakketten van Hoogerheide en Woensdrecht - Fm van Waalre (NL); \* = deel van de Fm van Diest (BE) dat in Nederland als OOz4 tot de Fm van Oosterhout (NL) gerekend wordt.

# Verschillen met voorgaande modellen

- » Gekende fouten in voorgaande modellen zijn verbeterd



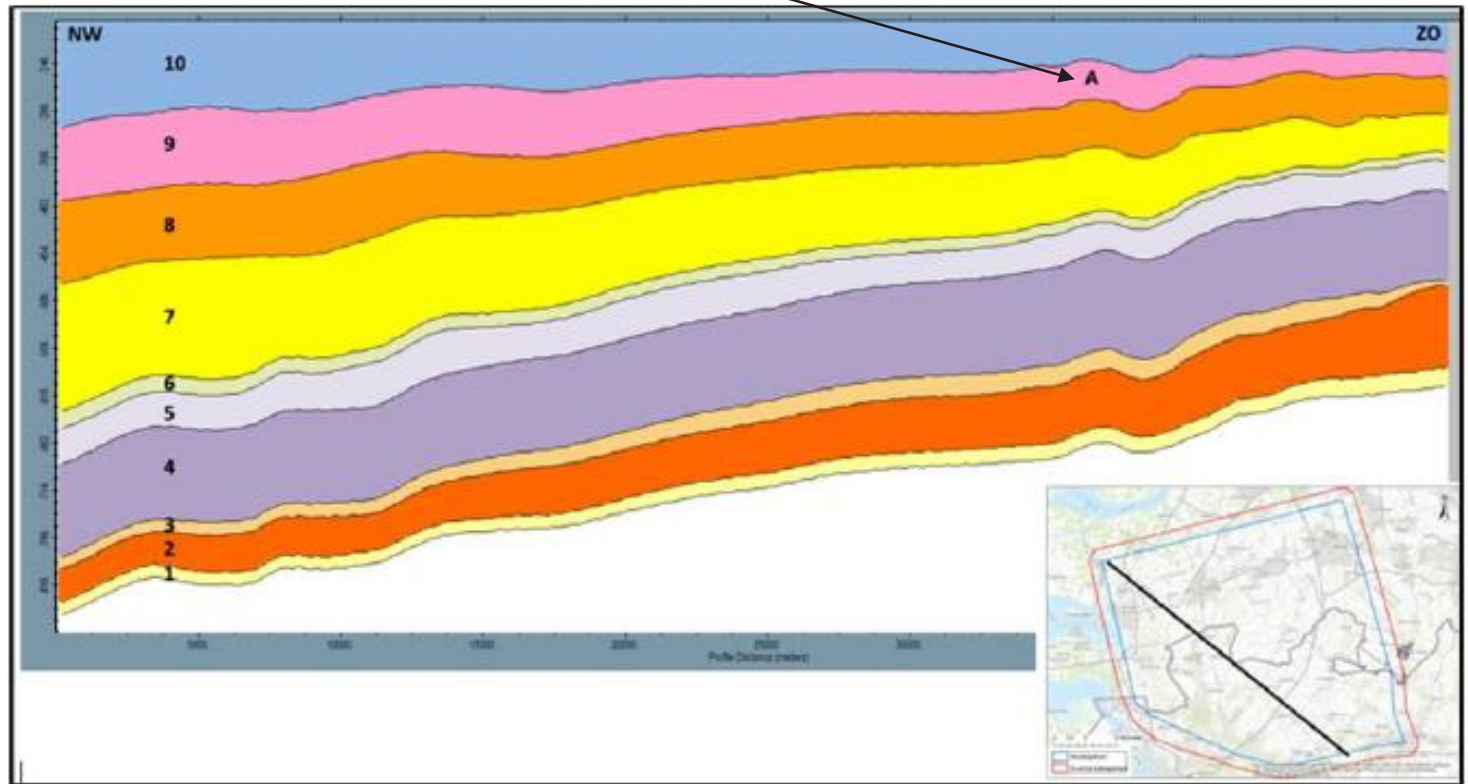
### Legenda Nederland België

	Antropogeen		Fm v Maassluis
	Antropogeen		Ldn v Merksem en Zandvliet
	Holoceen		Lp v Wouw
	Holoceen		Ld v Kruisschans
	Fm v Bostel		Fm v Oosterhout - ongediff
	Fm v Gent		Ldn v Luchtbal en Oorderen
	Lp v Woensdrecht (WAWOz1)		Lp v Sprundel
	Zandige klei Ld v Turnhout		Fm v Diessen
	Lp v Woensdrecht (WAWOz2)		Fm v Diest
	Kleiige zanden Ldn v Turnhout en Beerse		Top Fm v Bostel volgens DGM v2.2
	Lp v Hoogerheide (WAHOz1)		Basis Fm v Bostel volgens DGM v2.2
	Zandige klei Ld v Rijkevorsel		
	Lp v Hoogerheide (WAHOz2)		
	Kleiig zand Ld v Rijkevorsel		
	Fm v Waalre - ongediff		
	Fms v Malle en Merksplas		



# Verschillen met voorgaande modellen

- » Invloed bestaande structuren in de diepe ondergrond

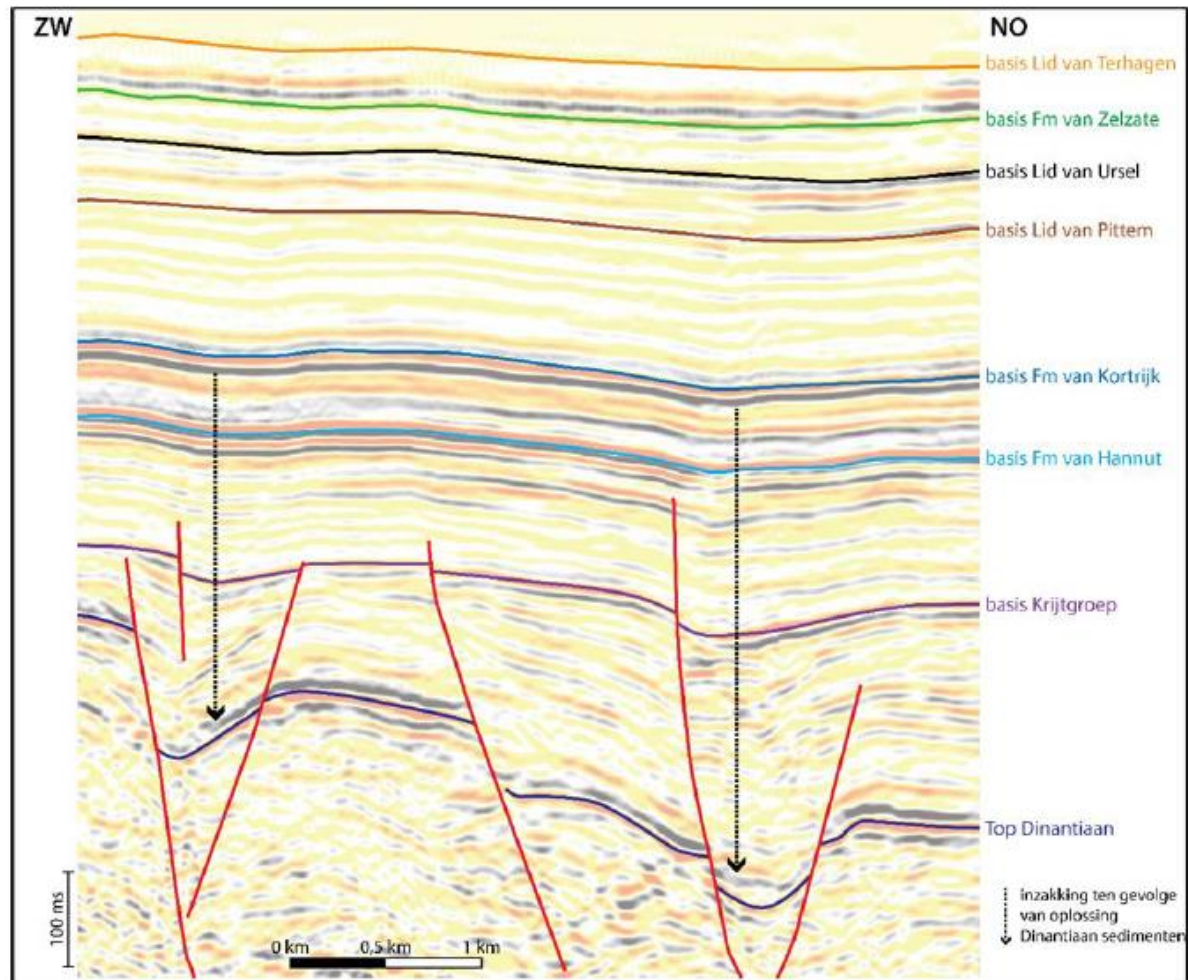


1= Fm van Heers (BE) / laagpakketten van Gelinden en Orp - Fm van Landen (NL); 2= Fm van Hannut (BE) / laagpakketten Reusel en Liessel - Fm van Landen (NL); 3= Fm van Tienen (BE) / Laagpakket van Oosteind (NL); 4= Fm van Kortrijk (BE); 5= fms van Tielt en Hyon (BE); 6= Fm van Gentbrugge (leden van Merelbeke en Pittem) (BE); 7= fms van Gentbrugge (Lid van Vlierzele), Aalter, Brussel, Lede en het Lid van Wemmel van de Fm van Maldegem / Laagpakket van Brussel (NL); 8= Fm van Maldegem (exclusief het Lid van Wemmel) (BE) / Laagpakket van Asse (NL); 9= Fm van Zelzate (BE) / Fm van Tongeren (NL); 10= fms van Boom en Eigenbilzen (BE) / Fm van Rupel (NL).



# Verschillen met voorgaande modellen

## » Oplossingsstructuren in top Dinantiaan





## Algemene conclusies

- » Werkbare correlatie tussen NL- en B-eenheden
- » Eén consistent geologisch en hydrogeologisch model van het Cenozoïcum van het hele modelgebied volgens Belgische litho- en hydrostratigrafie in Lambert-72/TAW
- » Eén consistent geologisch en hydrogeologisch model van het Cenozoïcum van het hele modelgebied volgens Nederlandse litho- en hydrostratigrafie in RD/NAP
- » Geen aansluitingsproblemen meer langs de grens
- » Voor Nederland nu tot de top van de Krijtgroep (hele Cenozoïcum)
- » Voor België nu met gebruik van seismiek voor het Paleogeen



# Publicatie resultaten

- » Afronding en afsluiting project
  
- » Publicatie resultaten:
  - In Nederland door TNO, Geologische Dienst van Nederland via:
    - Downloadmogelijkheid via websites TNO-GDN & DINOloket
  
  - In België door Vlaams Planbureau Omgeving en de Vlaamse Milieumaatschappij via:
    - DOV – Databank Ondergrond Vlaanderen  
<https://www.dov.vlaanderen.be/page/h3o-de-voorkempen>





# Een woord van dank

- » Aan onze opdrachtgevers
- » Aan de externe adviseurs
- » Aan de projectmedewerkers

