

FRESHM Zeeland

FREsh Salt groundwater distribution by Helicopter ElectroMagnetic survey in the Province of Zeeland



Deltares: Esther van Baaren, Joost Delsman, Marios Karaoulis, Pieter Pauw, Tommer Vermaas, Huite Bootsma, Perry de Louw, Gualbert Oude Essink

TNO: Willem Dabekaussen, Jan Gunning, Wim Dubelaar, Armin Menkovic

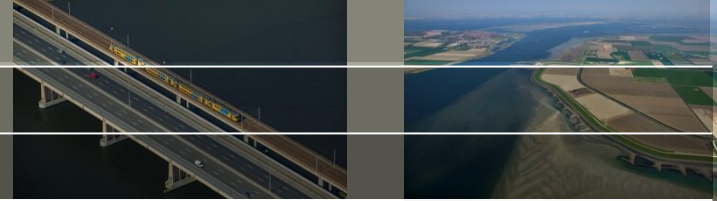
BGR: Bernhard Siemon, Annika Steuer, vliegteam



Stakeholders:

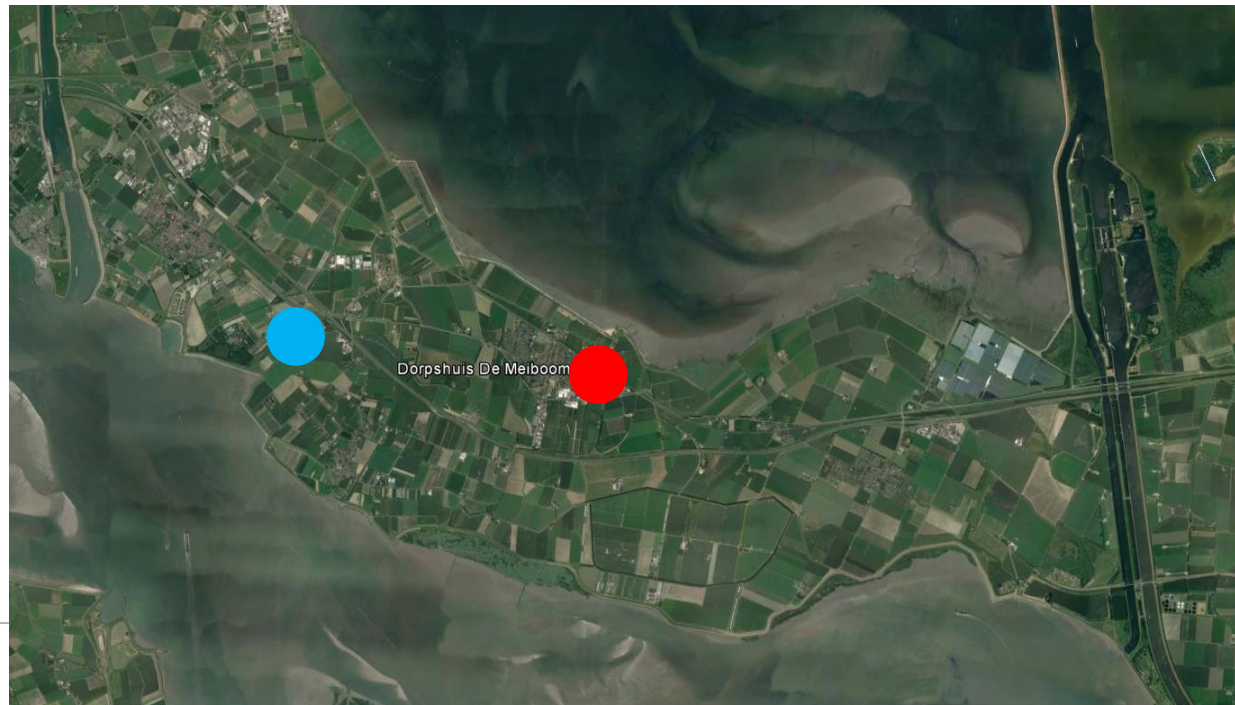
- Provincie Zeeland
- Rijkswaterstaat
- Het Rijk (Deltafonds)
- Evides
- waterschap Scheldestromen
- ZLTO
- VNSC
- Zeeuwse gemeenten

Onder onze voeten...

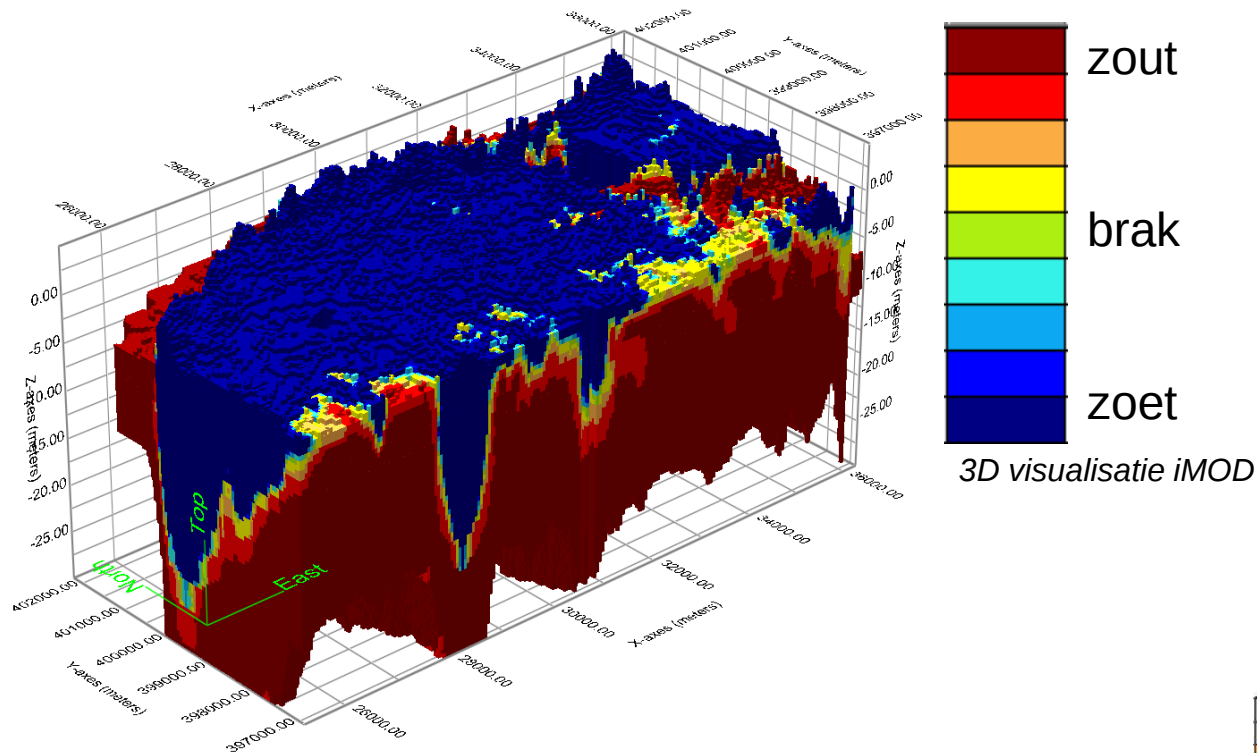
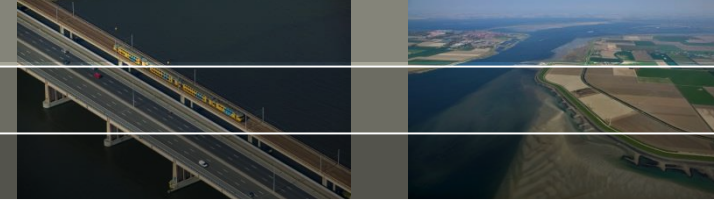


...is het grondwater zout ●

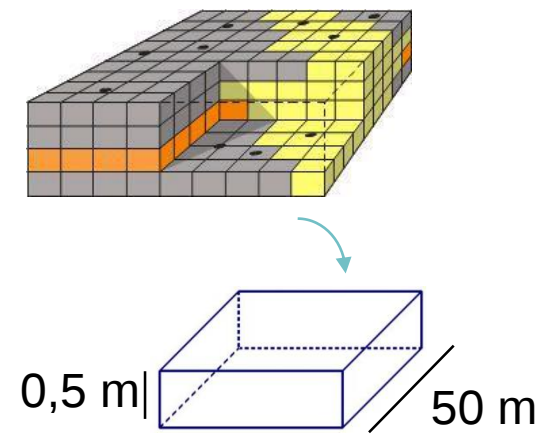
4 km naar het westen is de zoetwaterlens bijna 20 m dik ●
Of eigenlijk: tussen de 18 meter en 21 meter dik



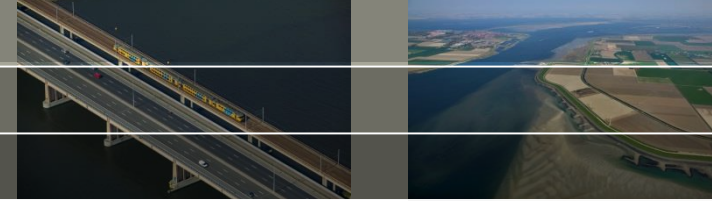
Resultaat FRESHEM Zeeland



- 3D verdeling chlorideconcentratie grondwater
- Geen data bebouwd gebied
- Resolutie $50 \times 50 \times 0.5 \text{ m}^3$
- Diepte 20 – 160 meter

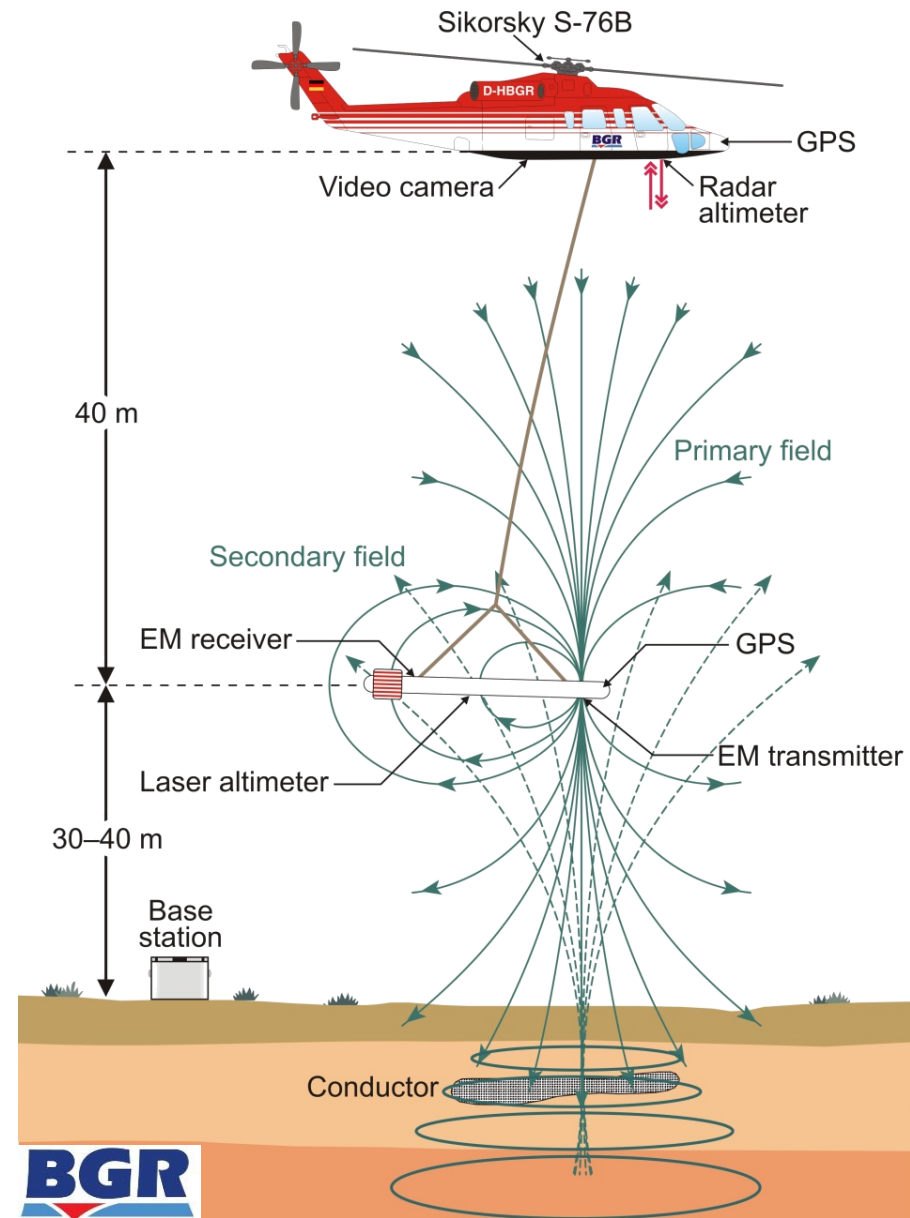


Hoe?



Met een helikopter!

- Electromagnetische metingen
- Electromagnetisch veld de grond in met verschillende frequenties
- Dit veld wordt verstoord in de ondergrond
- Het verstoorde veld wordt weer opgevangen
- Dit verstoorde veld is een maat voor de geleidbaarheid van de ondergrond en het grondwater
 - klei geleidt beter dan zand
 - zout geleidt beter dan zoet













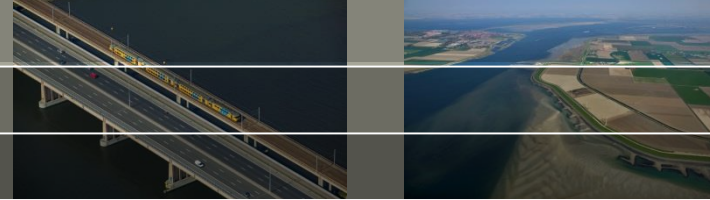
Methode: helicopter-borne geophysical system

FRESHEM Zeeland survey:

- 8600 lijnkilometer data
- Totaal gebied 1800 km²
- Elke 4 meter een meting
- Elke 100-300 m een vlieglijn
- Elke 1-2 km een tie-line
- Totaal 13 miljoen metingen
- 7 hoge resolutie gebieden



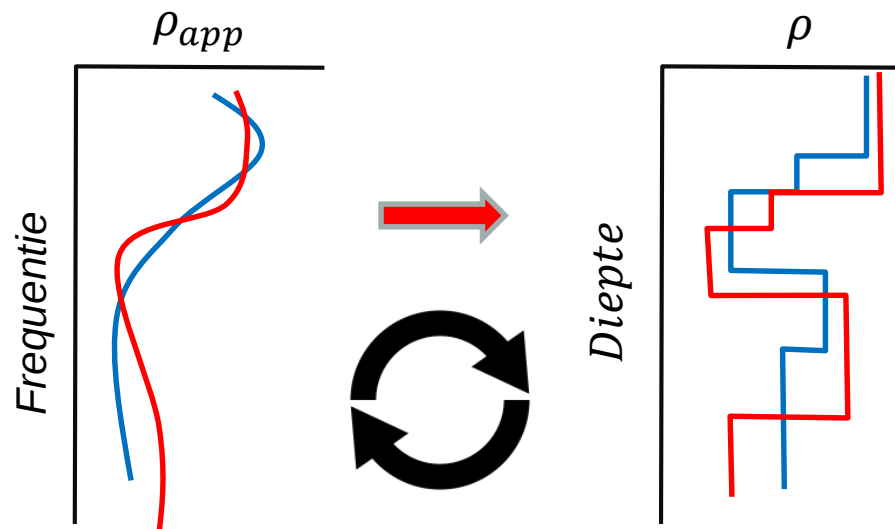
Methode: uitwerken data



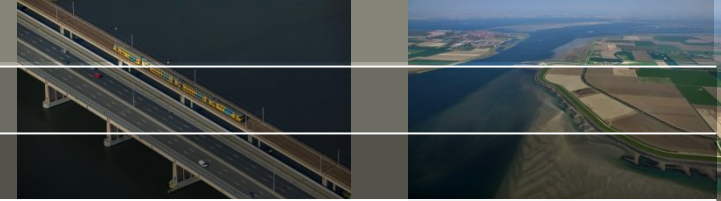
Van frequentie naar diepte:

Voor elke meetlocatie de geleidbaarheid als functie van de diepte vinden die het best bij de metingen past (inverse modellen)

- Verschillende modellen gebruikt



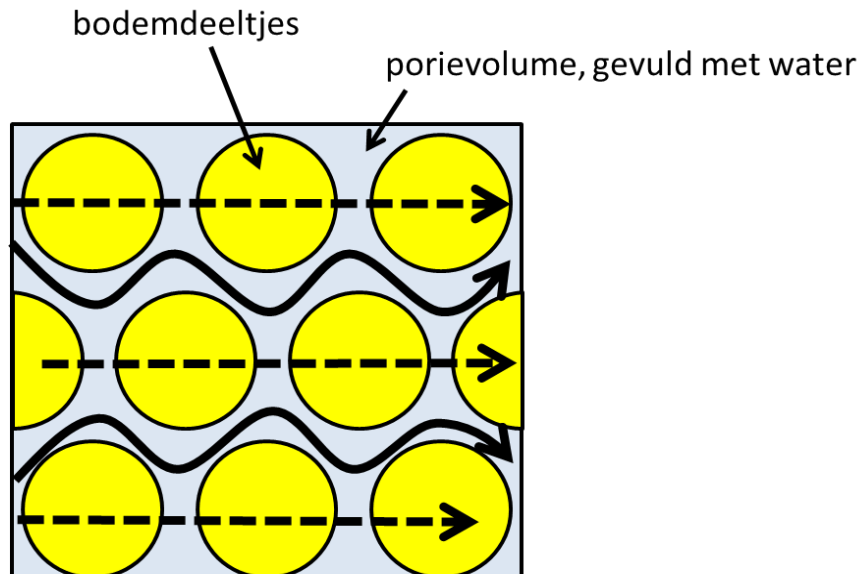
Methode: uitwerken data



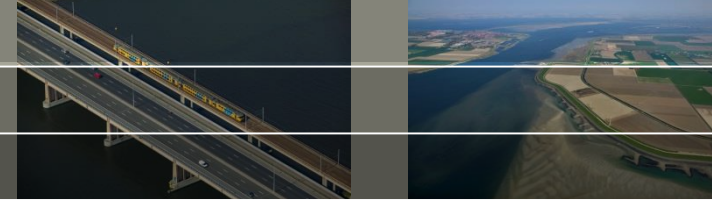
Data is nu een combinatie van:

1. elektrische geleidbaarheid van het grondwater én
2. elektrische geleidbaarheid van de bodemdeeltjes

- > Zout geleidt beter dan zoet
- > Klei geleidt beter dan zand
- > Zoet in klei = brak in zand

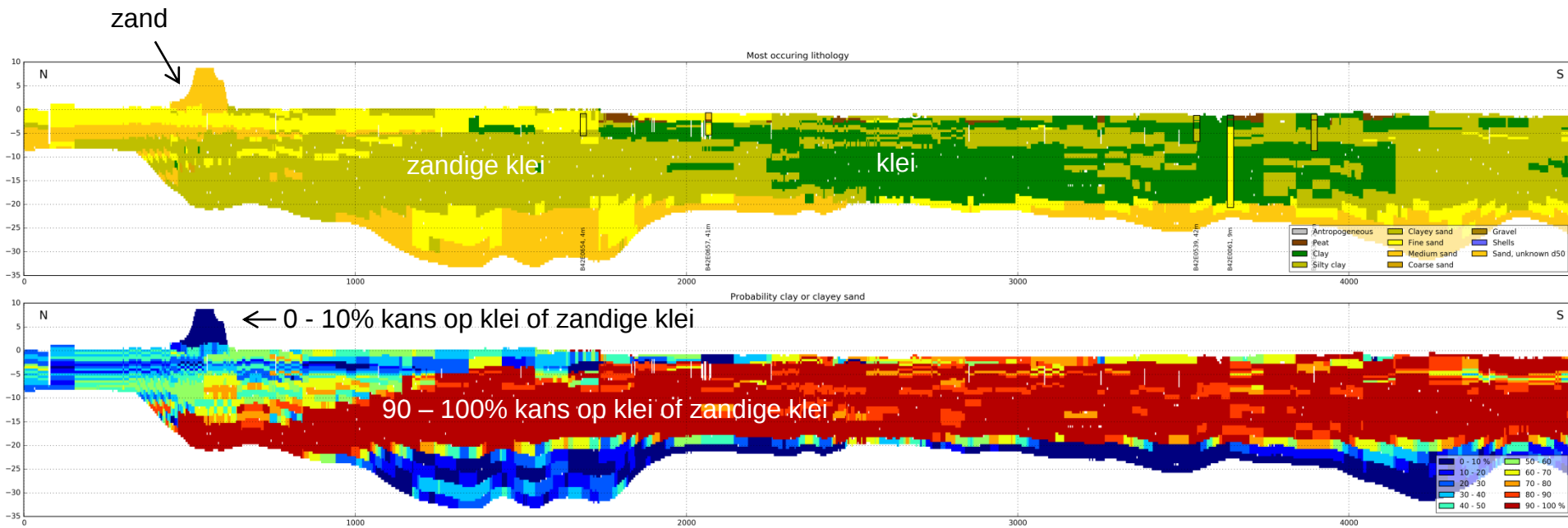


Methode: uitwerken data

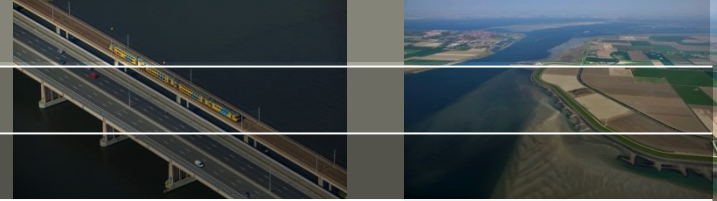


Geleidbaarheid ondergrond bepalen:

1. Lithologie (zand, klei, veen etc.) uit GeoTOP
 - Inclusief onzekerheid van voorkomen van de lithologie



Methode: uitwerken data



Geleidbaarheid ondergrond bepalen:

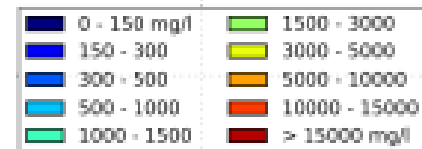
1. Lithologie (zand, klei, veen etc.) uit GeoTOP
 - Inclusief onzekerheid van voorkomen van de lithologie
2. Per lithologie geleidbaarheid van de bodemdeeltjes bepaald



Tussenresultaat: 2D chlorideconcentratie op de vlieglijnen

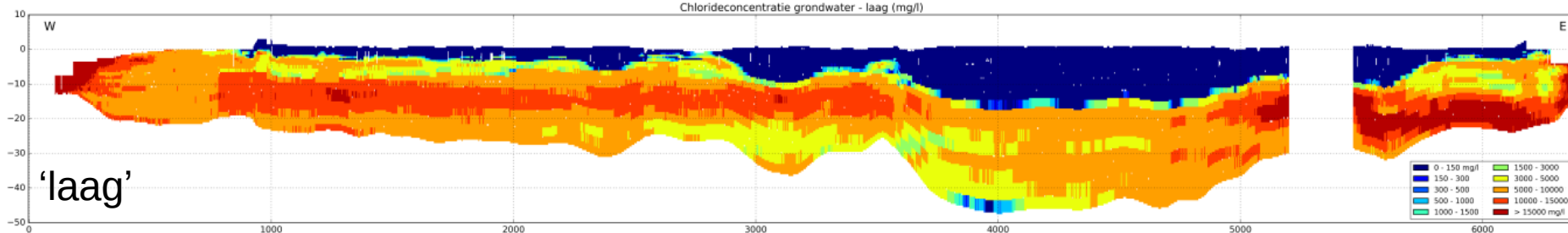
Horizontale resolutie 4 m
Verticale resolutie variabel

mg Cl/l

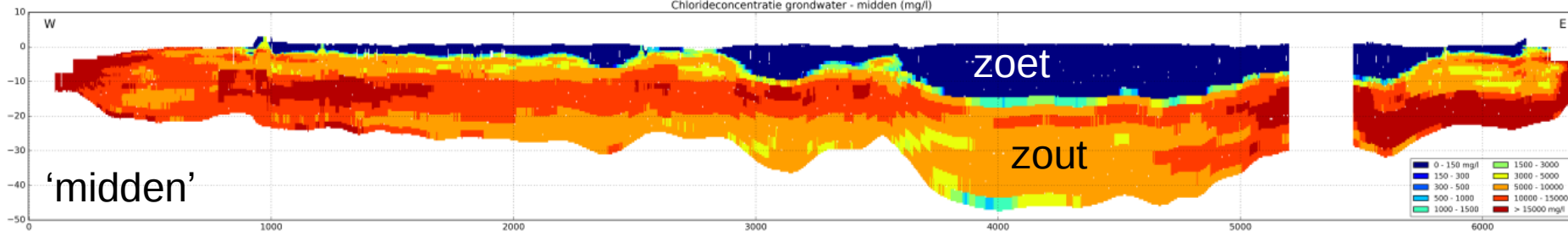


Zeeuws-Vlaanderen, vlieglijn 617.1

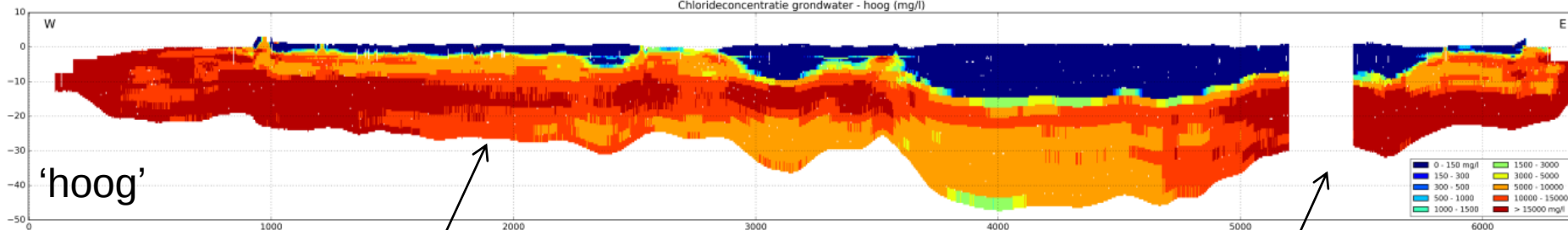
Chlorideconcentratie grondwater - laag (mg/l)



Chlorideconcentratie grondwater - midden (mg/l)



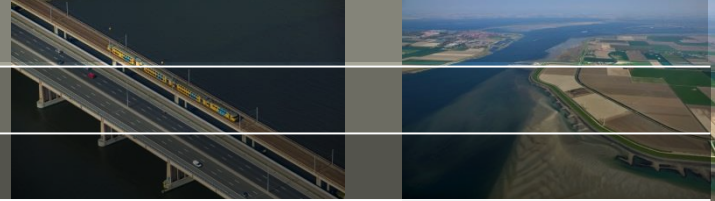
Chlorideconcentratie grondwater - hoog (mg/l)



variabele diepte

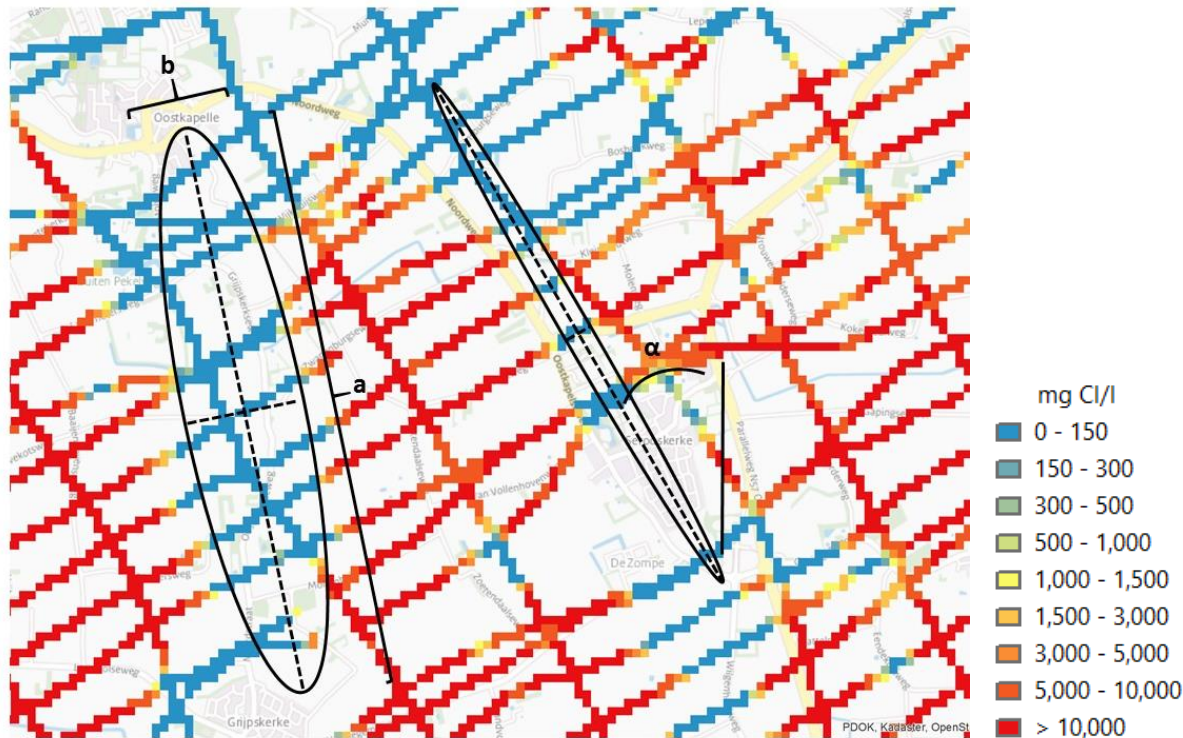
geen data

Van 2D naar 3D

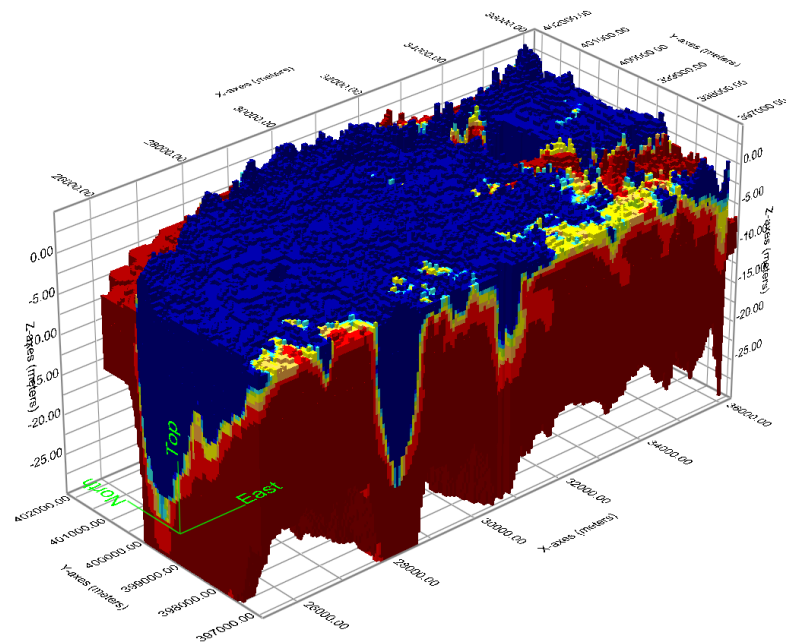
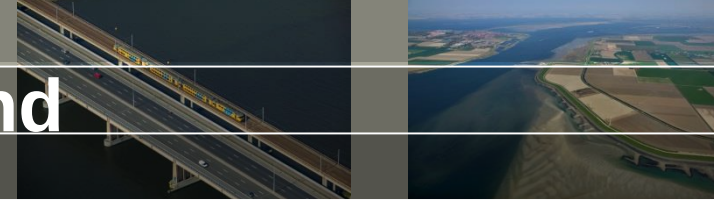


3D interpolatie

Rekening houdend met de richting van de zoetwater voorkomens



3D resultaat FRESHEM Zeeland



> 10000 mg CVI
5000 - 10000 mg CVI
3000 - 5000 mg CVI
1500 - 3000 mg CVI
1000 - 1500 mg CVI
500 - 1000 mg CVI
300 - 500 mg CVI
150 - 300 mg CVI
0 - 150 mg CVI

Product:

- 'laag', 'midden' en 'hoog' resultaat
- Resolutie 50*50*0.5 m³

Buiten bebouwd gebied is de onzekerheid vaak < 2 meter of < 20% van de dikte van de zoetwaterlens.

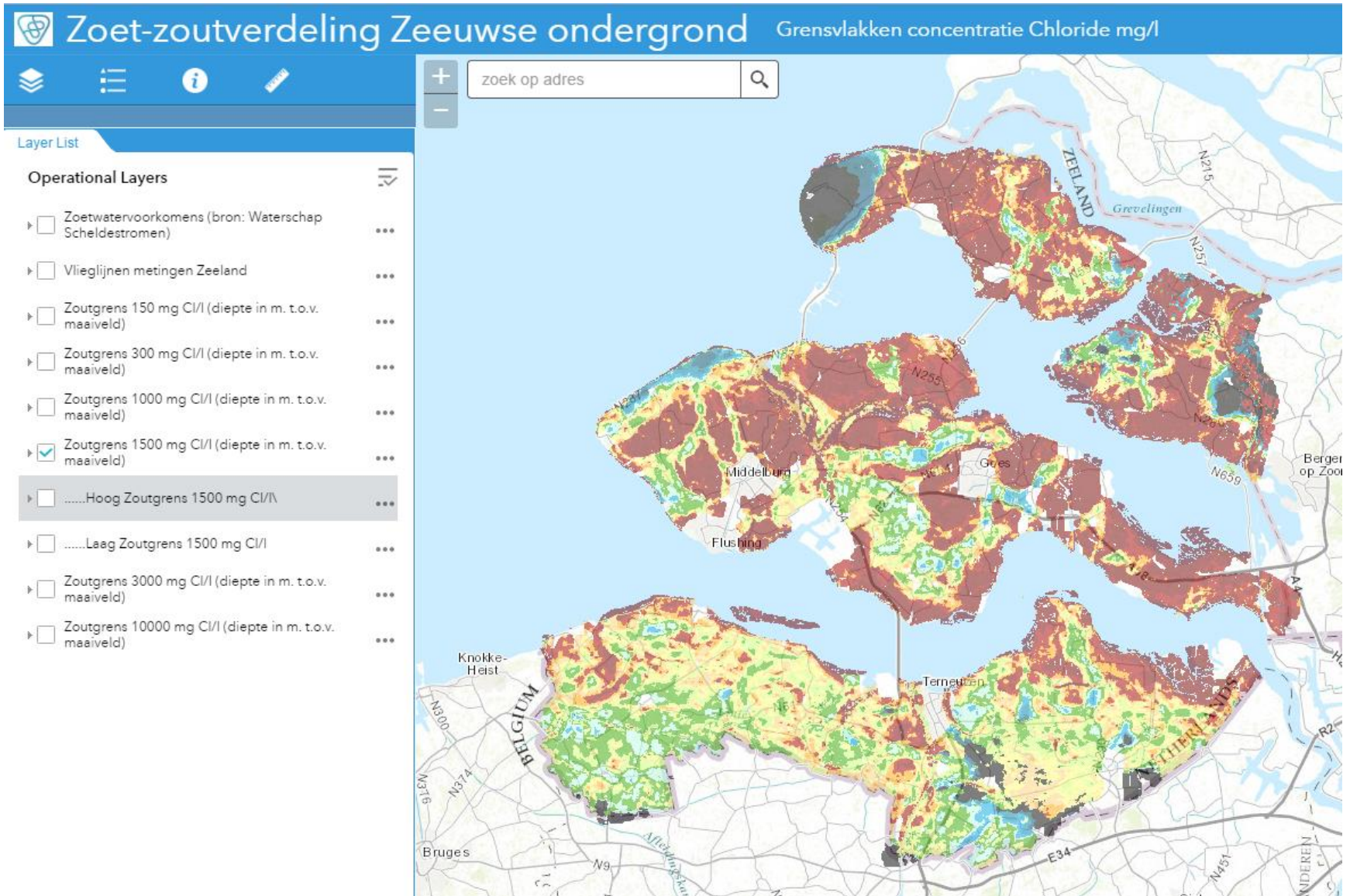
Grotere onzekerheid bij:

- Hoogspanningskabels, radar
- Bebouwing, wegen, spoor, kanalen
- Tussen de vlieglijnen
- Randen van zoetwaterlenzen

Afgeleide producten: grensvlakken kaarten

→ scheldestromen.nl/zoetzout

→ zeeland.nl/water/zoet-water/zoet-zoutverdeling-zeeuwse-ondergrond



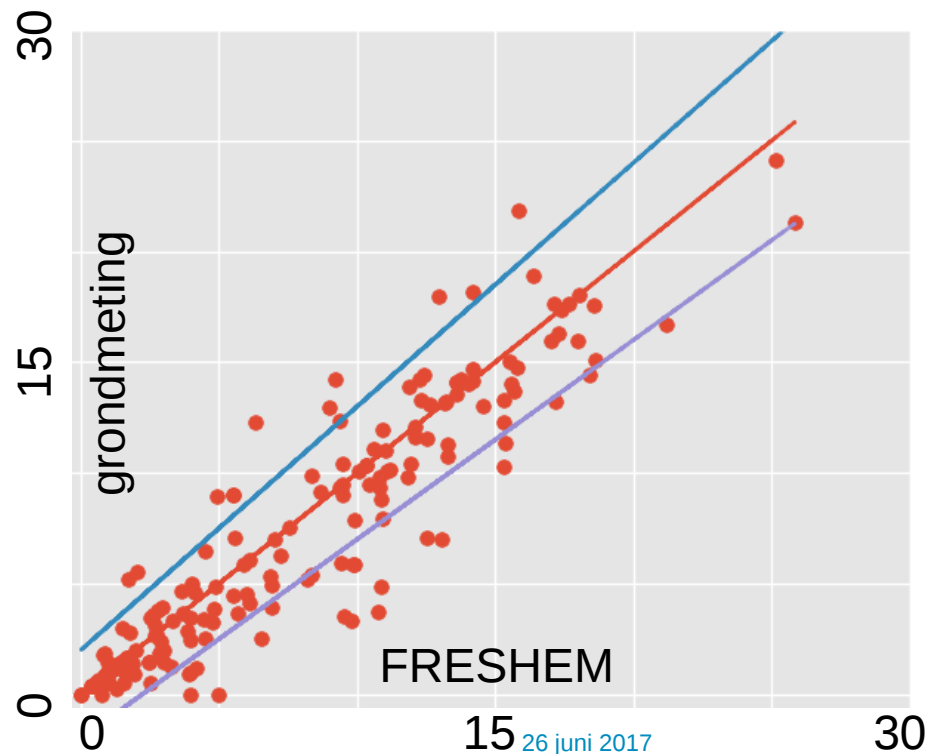
Validatie met grondmetingen

Chloride analyses:

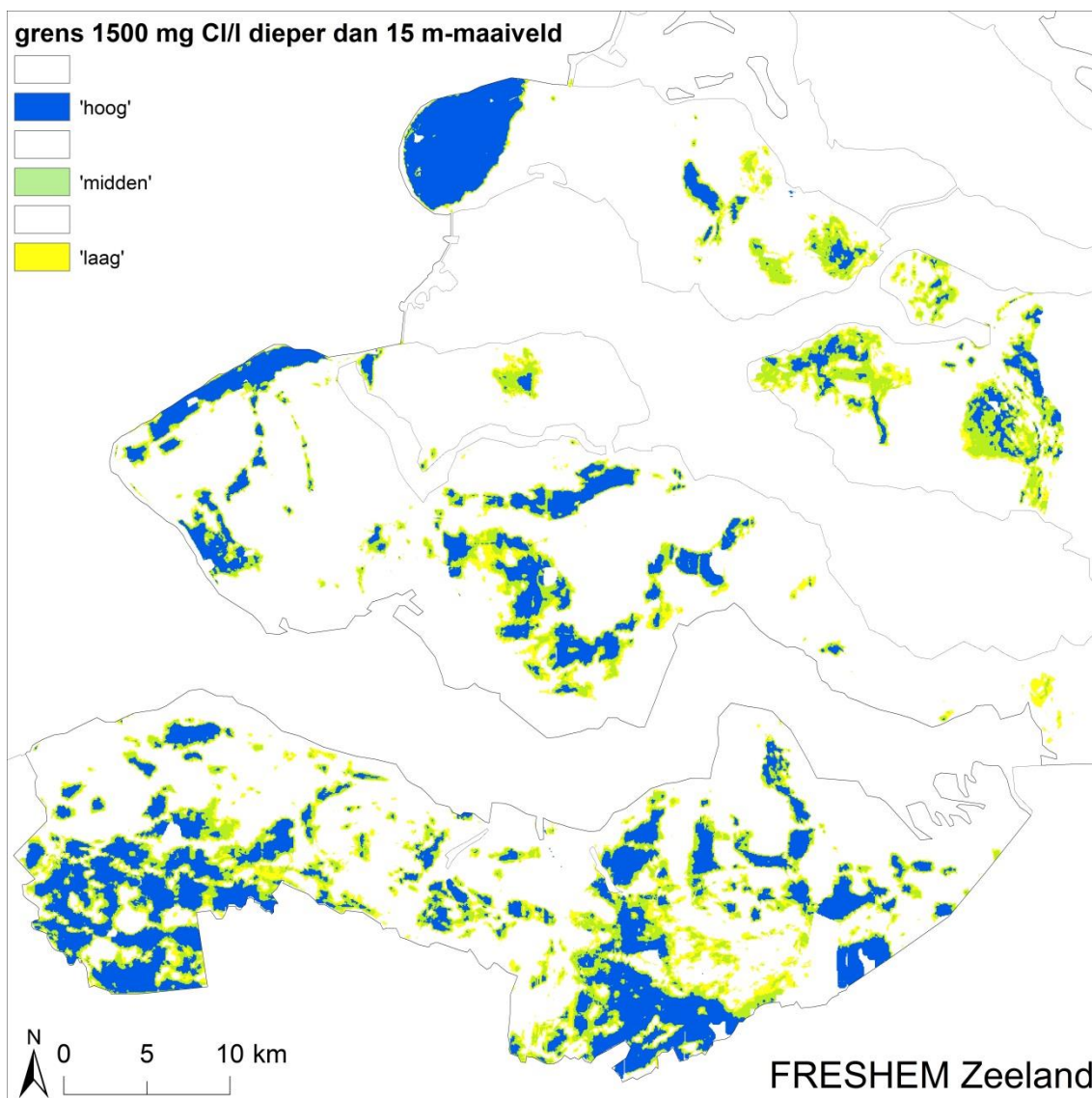
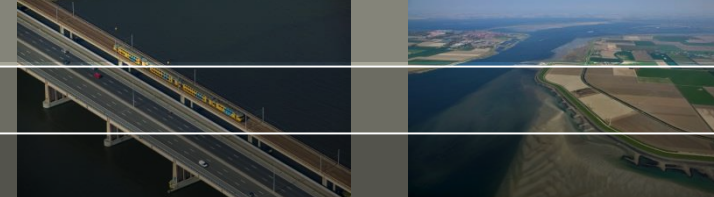
Als FRESHEM 'hoog' zoet water karteert (<1500 mg Cl/l) is 87 % van de chloridemonsters ook zoet (<1500 mg Cl/l)

ECPT, SlimFlex, boorgatmetingen:

Validatie op dikte zoetwaterlens



De grotere zoetwaterlenzen

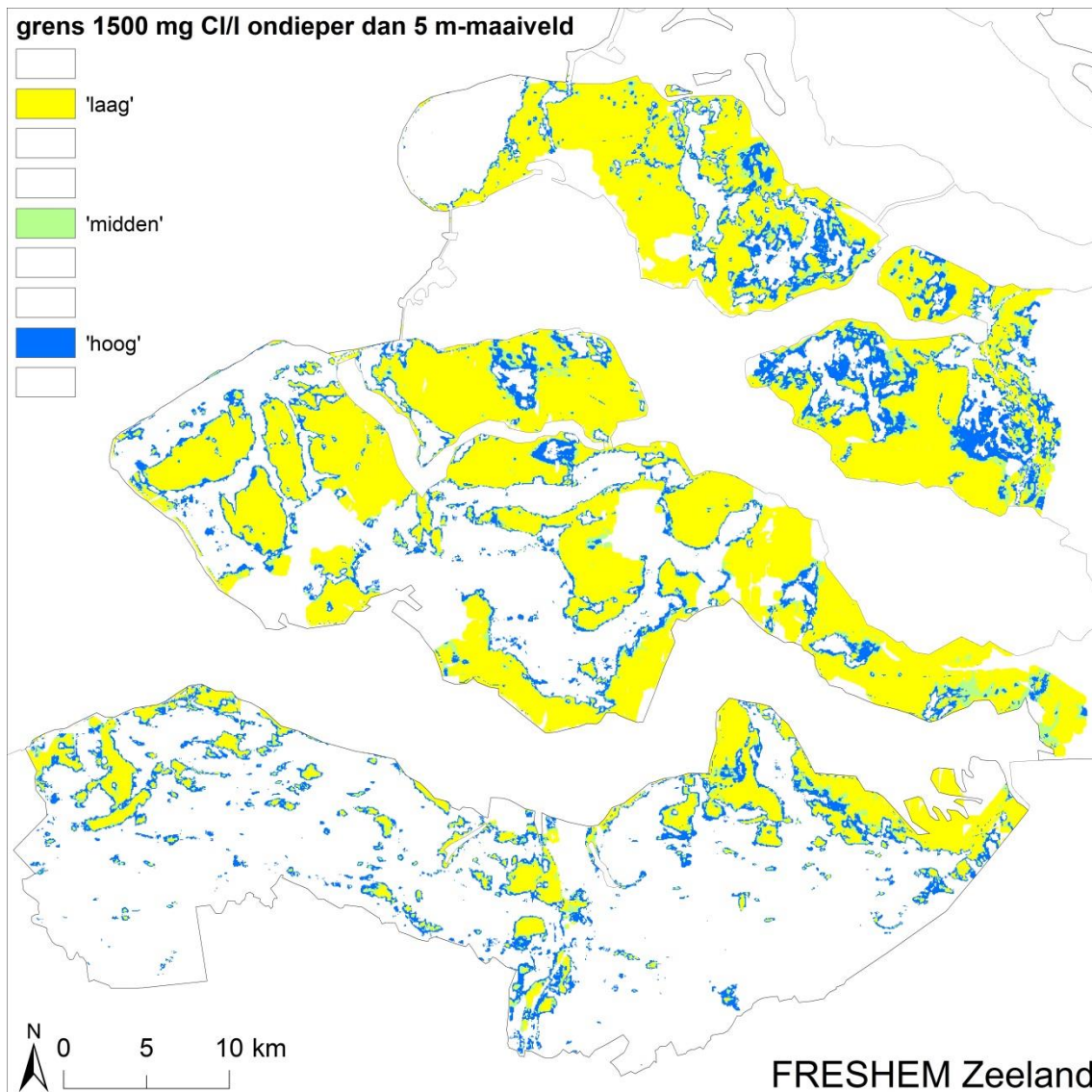
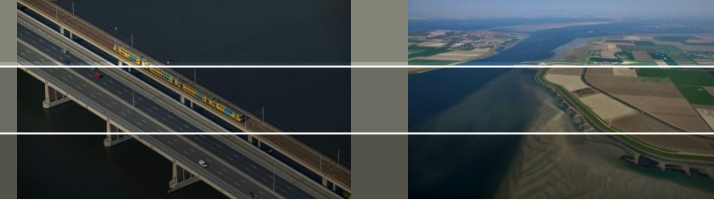


zoetwaterlens > 15 meter

	<i>km²</i>
'laag'	550
'midden'	425
'hoog'	325

	<i>% Zeeland</i>
'laag'	30
'midden'	25
'hoog'	20

De zoute gebieden

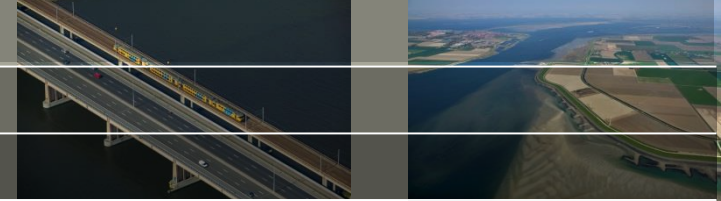


zoetwaterlens < 5 meter

	<i>km²</i>
'laag'	625
'midden'	750
'hoog'	850

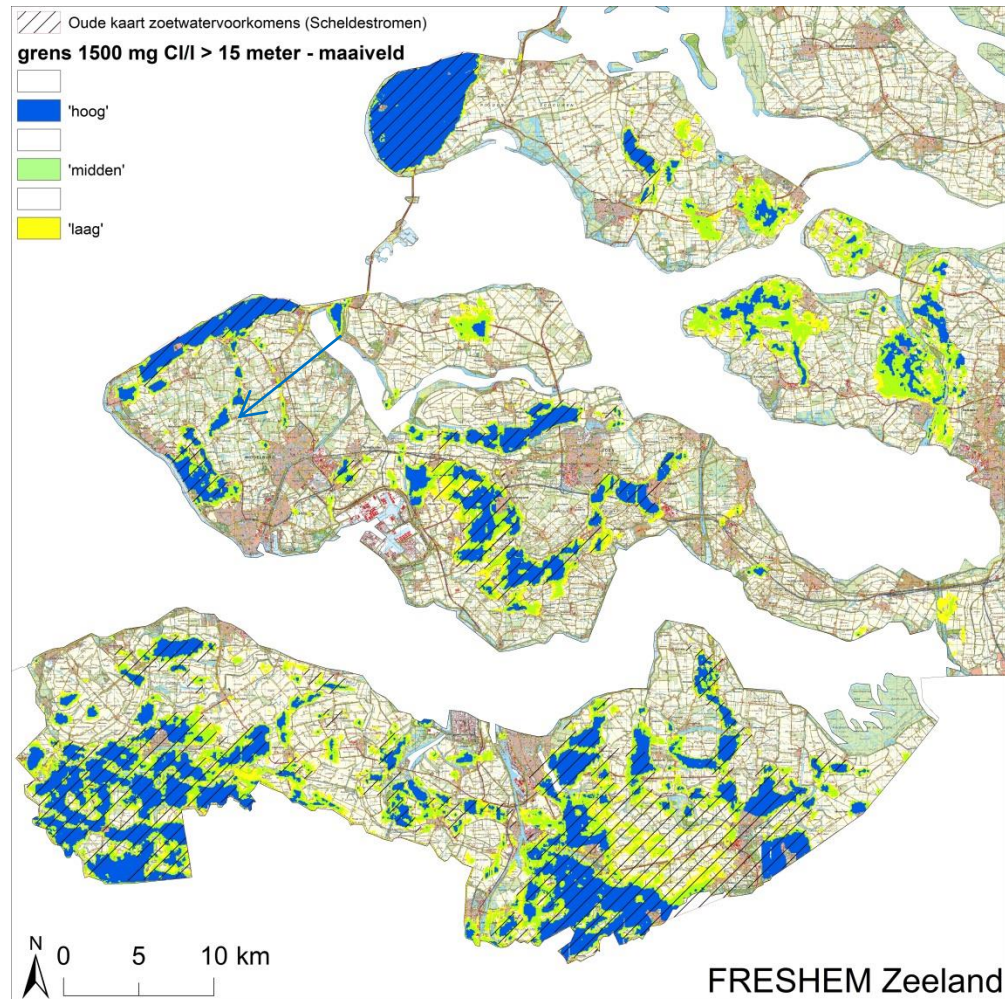
	<i>% Zeeland</i>
'laag'	35
'midden'	40
'hoog'	50

Nieuwe inzichten

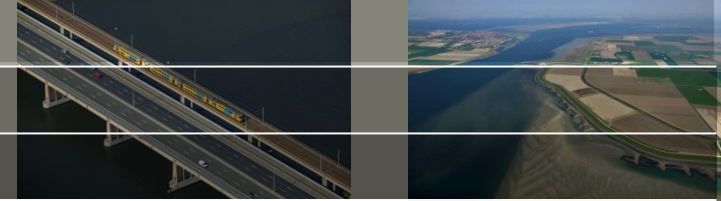


Vergelijking met:

1. Kaart zoetwatervoorkomens Scheldestromen (huidige Keurkaart)

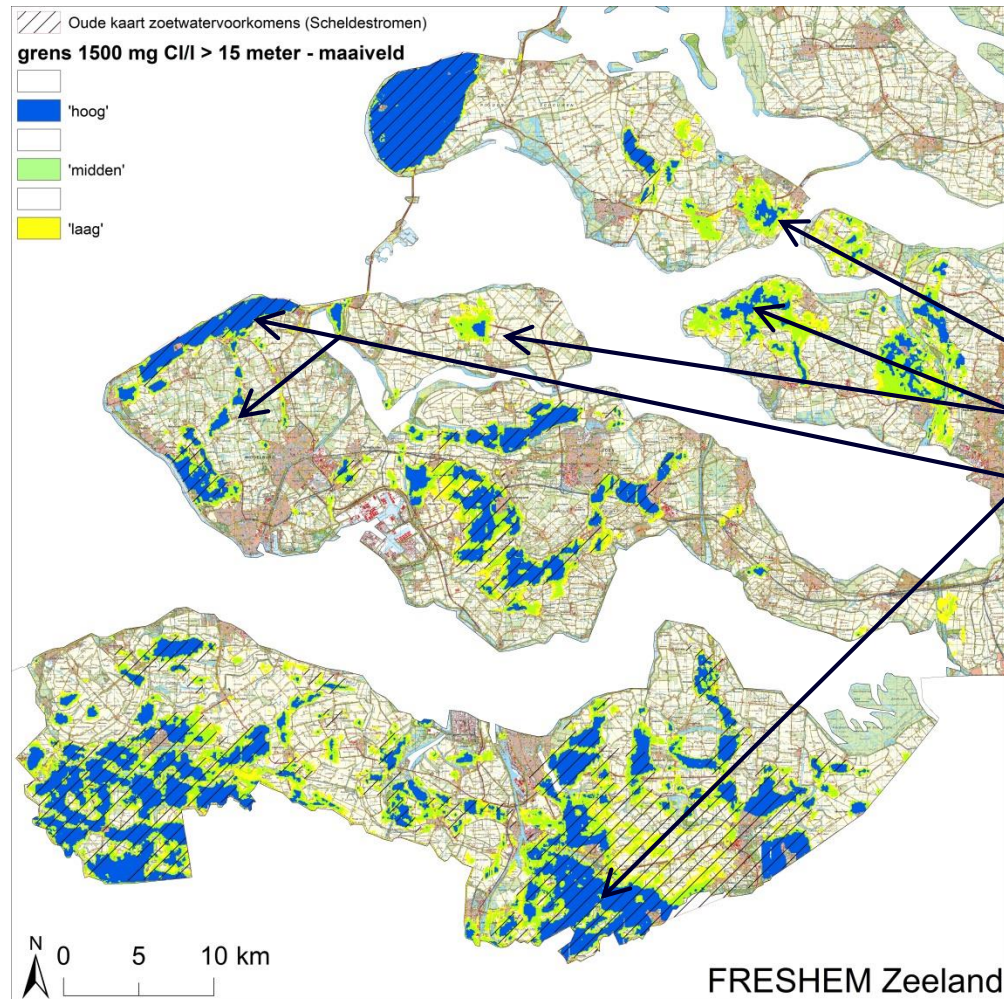


Nieuwe inzichten



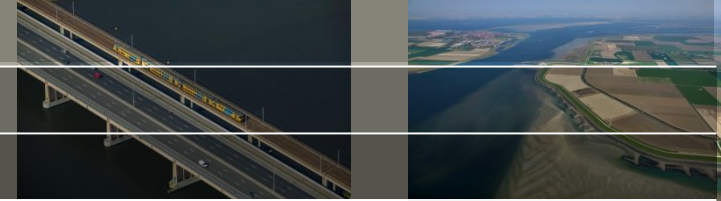
Vergelijking met:

1. Kaart zoetwatervoorkomens Scheldestromen (huidige Keurkaart)
2. Zoet-zout grondwater model Provincie Zeeland



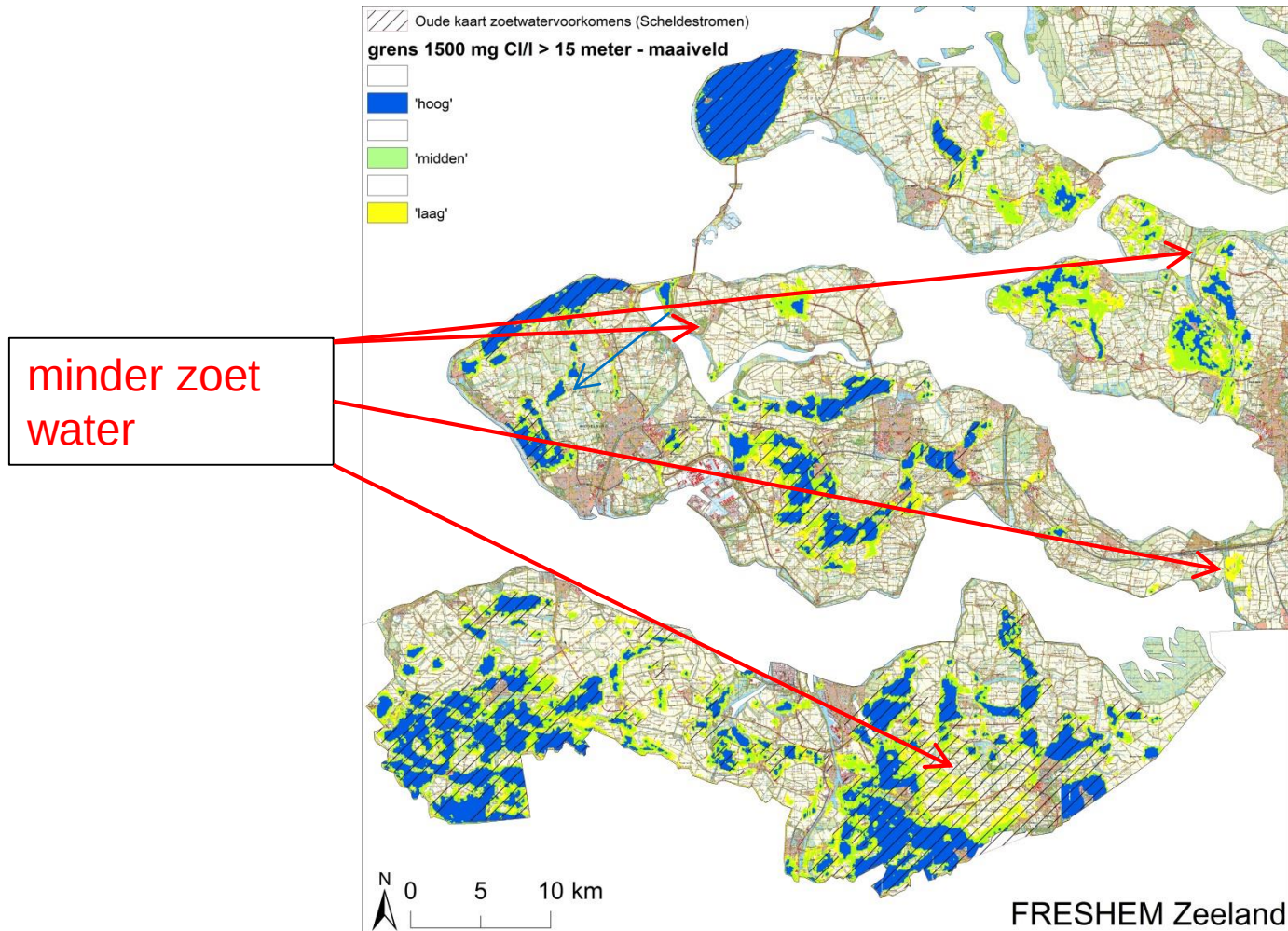
'nieuwe' of grotere
zoetwater voorraden

Nieuwe inzichten

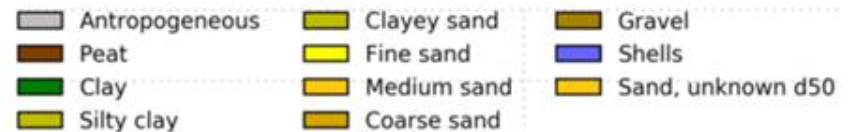
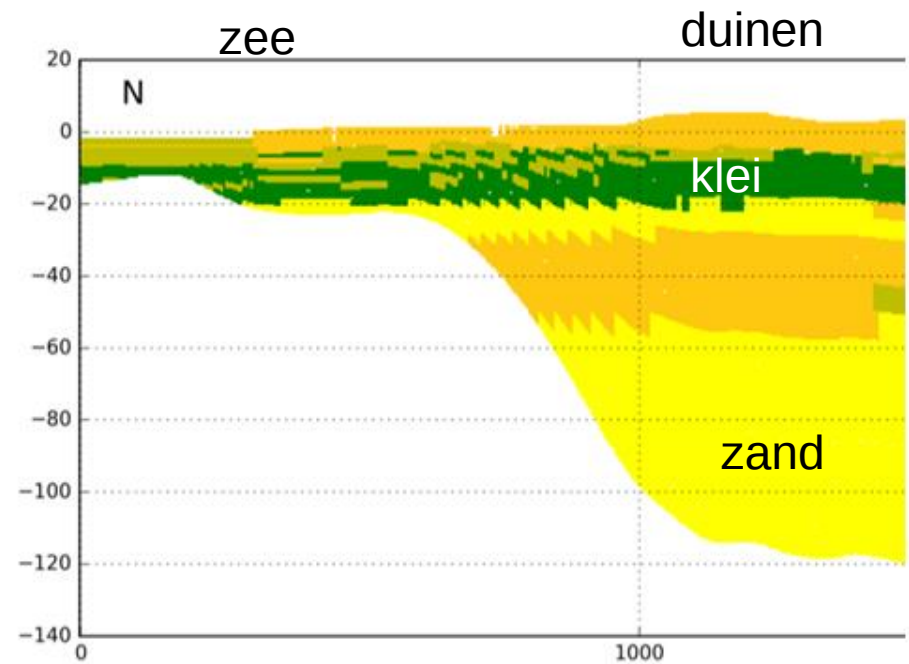
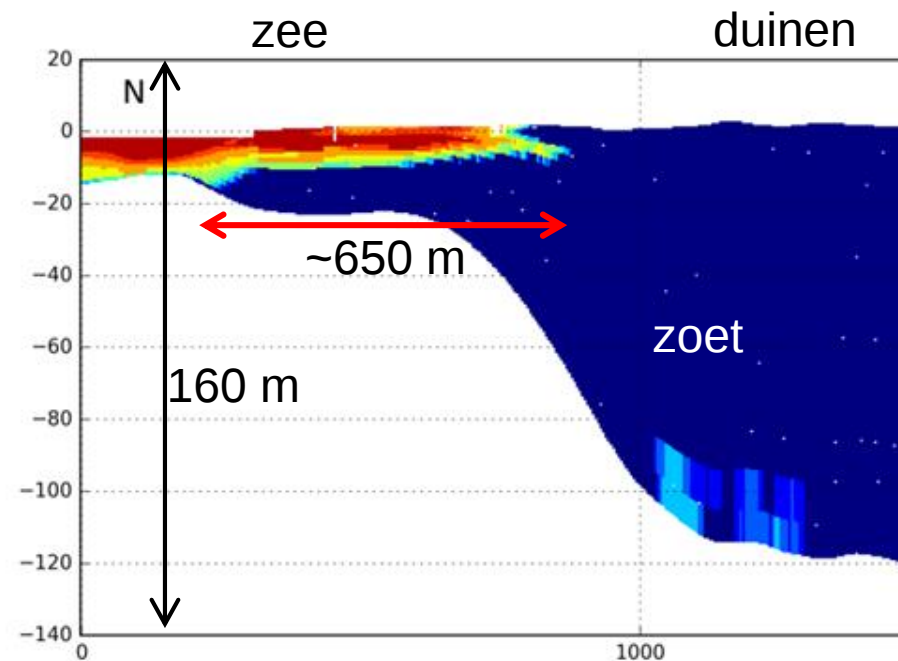
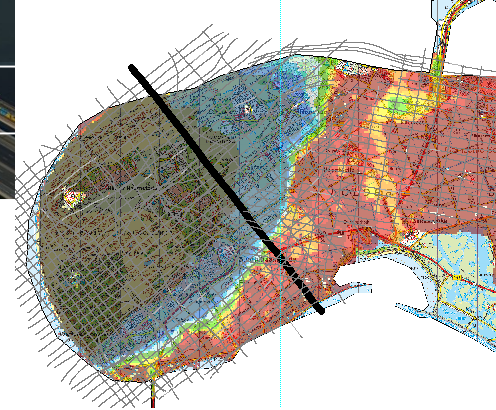


Vergelijking met:

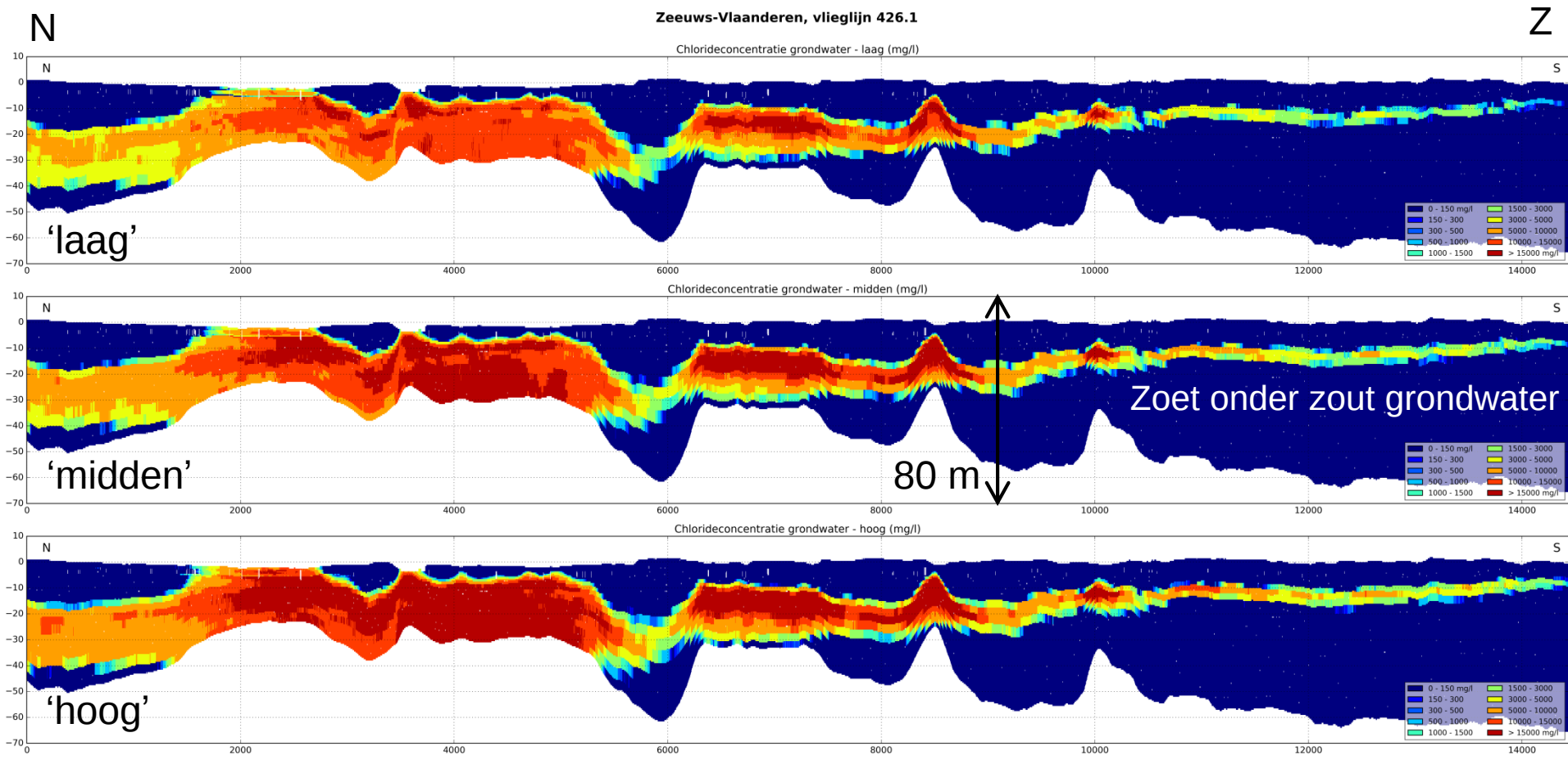
1. Kaart zoetwatervoorkomens Scheldestromen (huidige Keurkaart)
2. Zoet-zout grondwater model Provincie Zeeland



Offshore zoet water bij de duinen



Zeeuws Vlaanderen

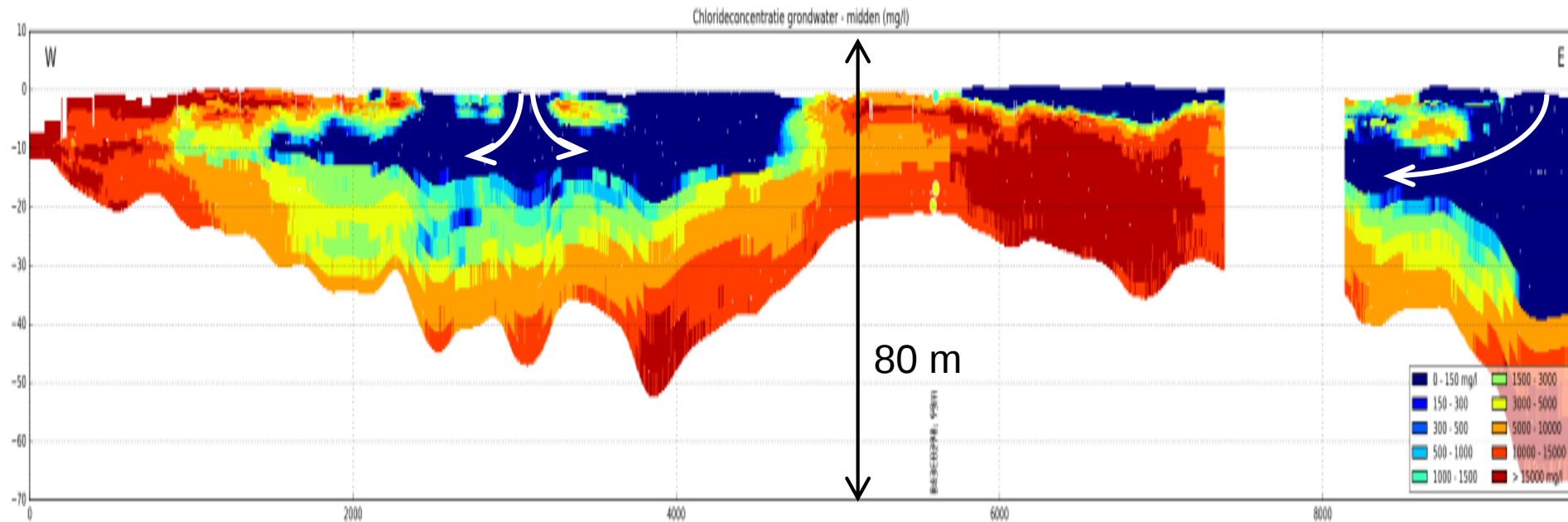


St Philipsland

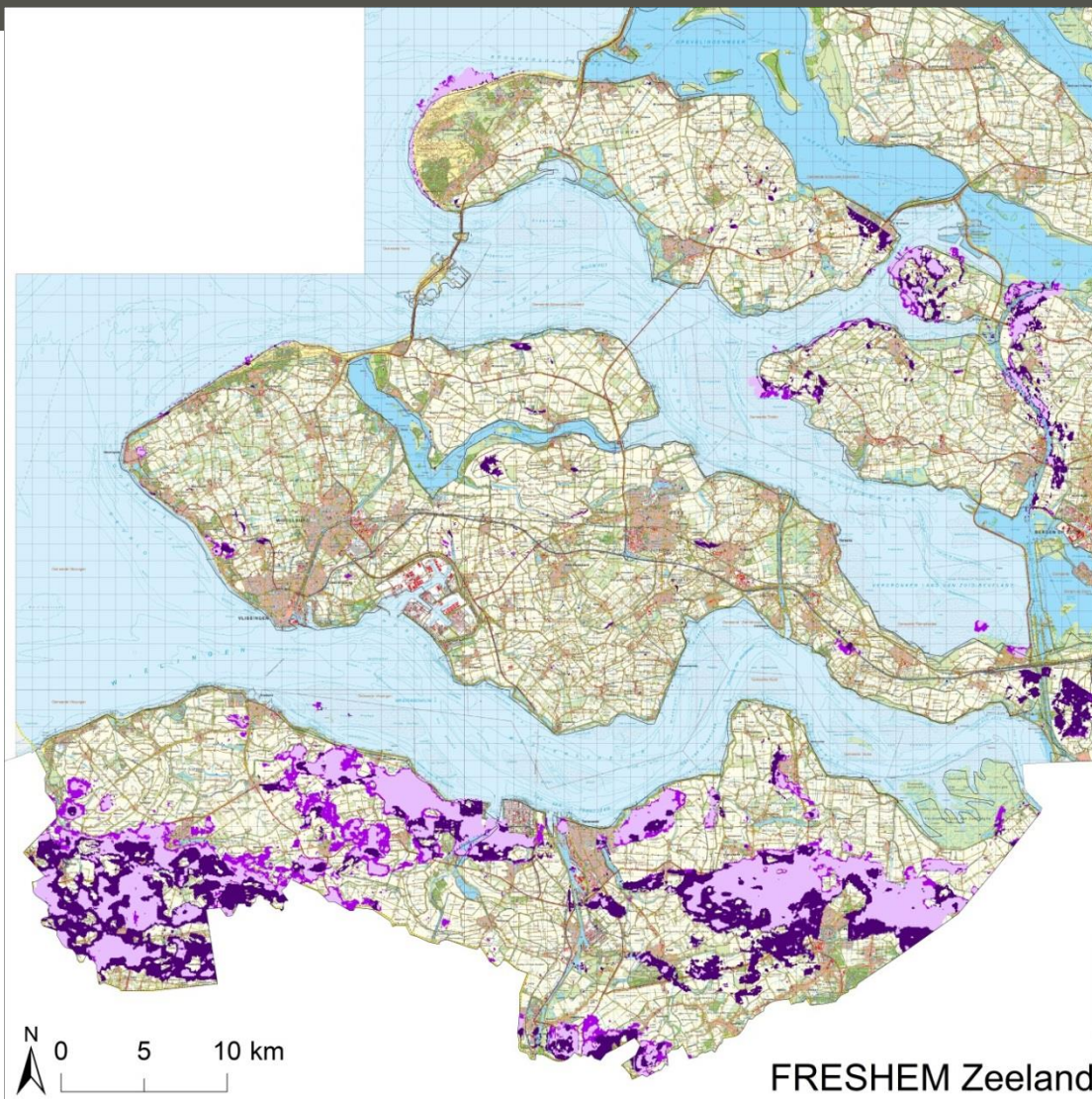
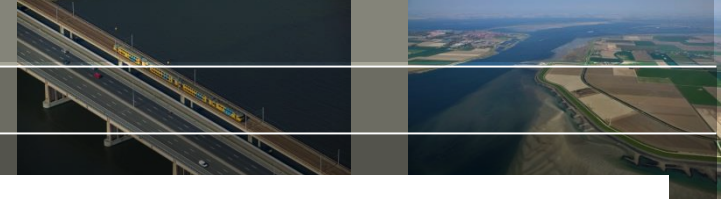


‘zoute bellen’ boven zoet:

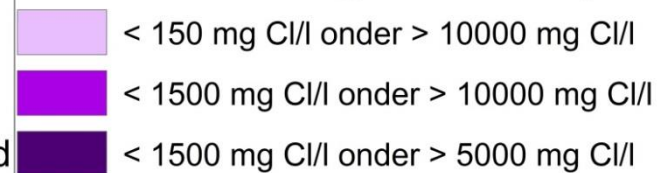
- 1000 jaar geleden in open verbinding met de zee
- Zoute klei- en veenrijke sedimenten uit deze periode
- Na de inpoldering verzoeting
- Aannemelijk: verzoeting door laterale grondwaterstroming
 - via kreekkruggen of vanuit Noord Brabant
- Ook op Tholen en oosten Schouwen-Duiveland ‘zoute bellen’



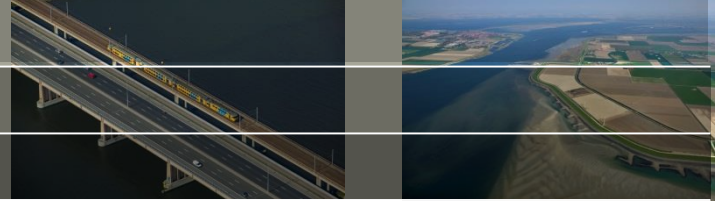
Zoet onder zout



Zoet onder zout grondwater ('midden')

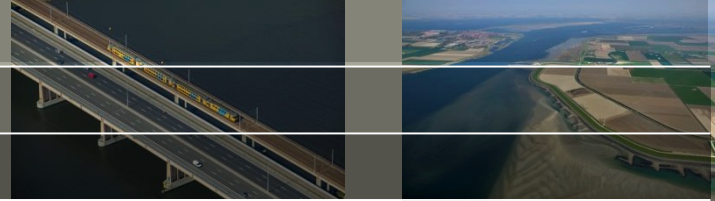


En nu?



- We weten hoe zout het is en waar;
- We hebben zoet water van interessante diktes gevonden;
- We hebben de nul-situatie zoet-brak-zout grondwater vastgelegd.

En nu?



FRESHEM biedt de mogelijkheid om:

- ‘nieuwe’ zoetwatervoorraden duurzaam te benutten
- de zoetwaterbeschikbaarheid te vergroten
 - GO-FRESH (ondergrondse opslag van zoet water)
 - Waterhouderij (zoetwaterbeheer)
- doorspoeling te optimaliseren
- bewustwording te vergroten
- uitgangspunt vergunningverlening onttrekkingen te verbeteren
- effecten van bv. zeespiegelstijging op verzilting te voorspellen
- in de toekomst trends (verzoeting of verzilting) vast te stellen
- bij inrichting van het land rekening te houden met waterkwaliteit
 - Zoute natuur
 - Zouttolerante aardappels
 - Graafwerkzaamheden en bescherming zoet water

FRESHM Zeeland

FRESh Salt groundwater distribution by Helicopter ElectroMagnetic survey in the Province of Zeeland



Vragen?

[Zoetzout.deltares.nl](https://zoetzout.deltares.nl)

Esther.vanBaaren@Deltares.nl

