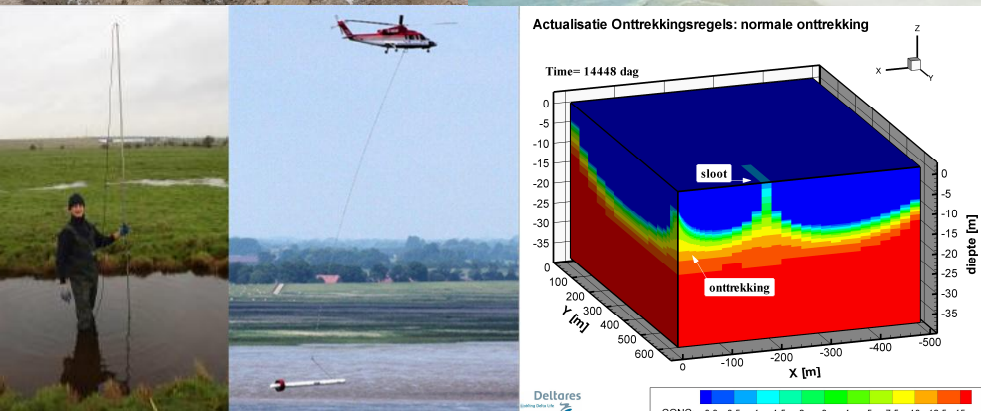
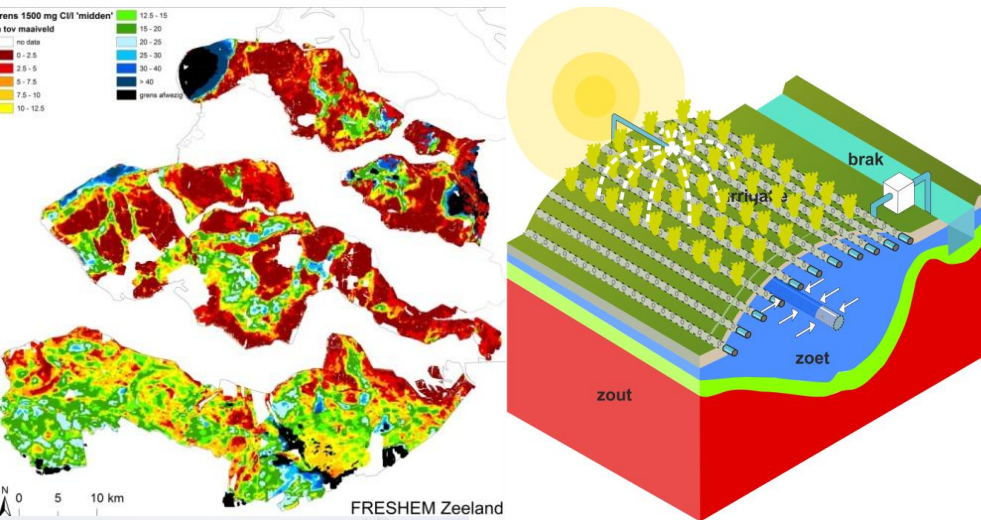


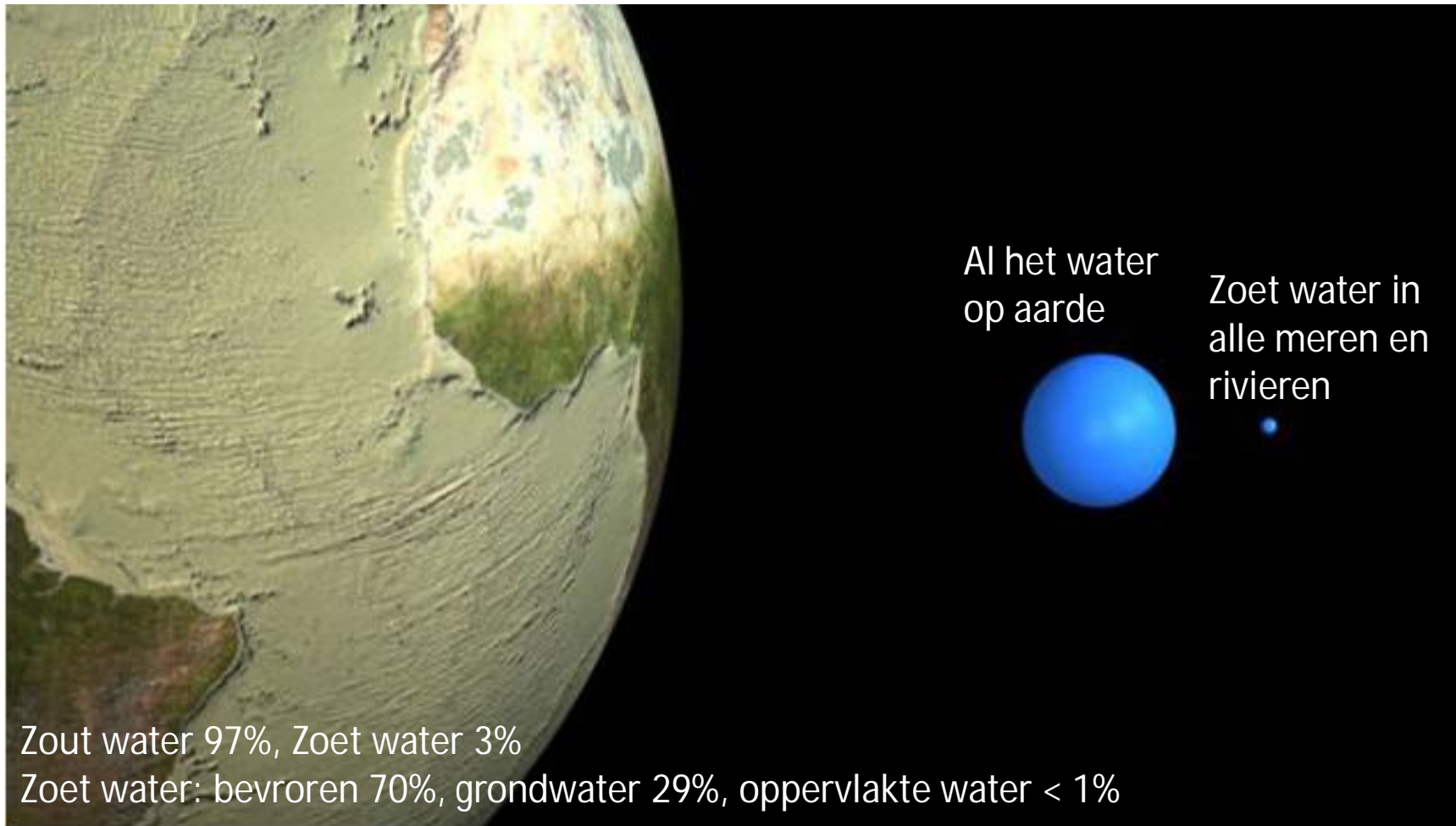
Webinar Verzilting: effecten en adaptatie

Gualbert Oude Essink

10 September 2021



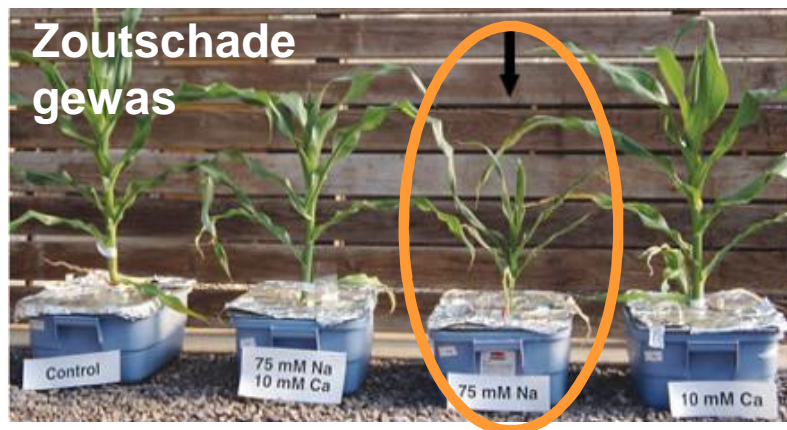
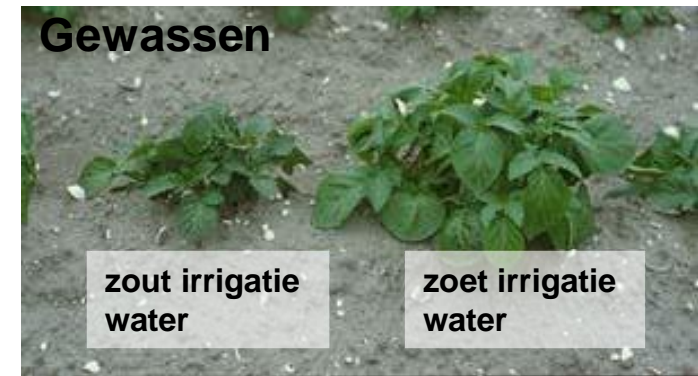
Zoet water is schaars



Zout water is een probleem

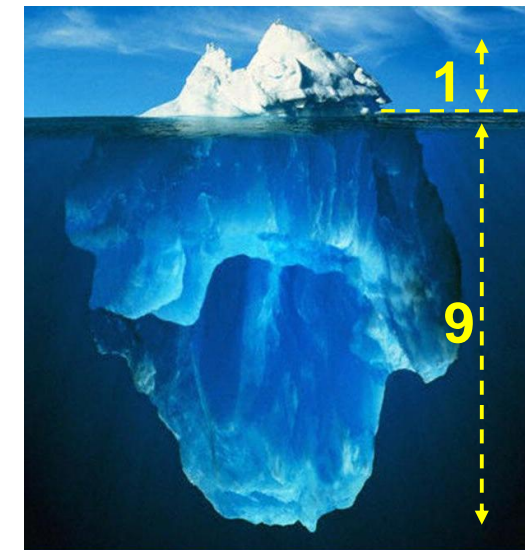
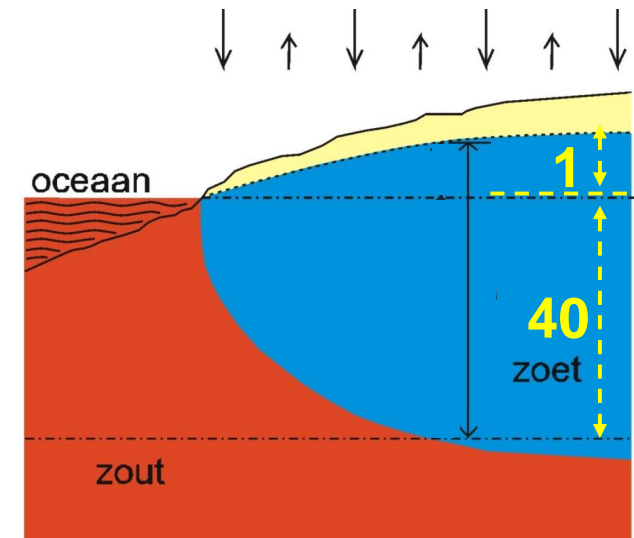
In 1 liter oceanwater zit ongeveer 35.000 mg zout (opgeloste stoffen)
Meng 1 liter zeewater met 100 liter zoet water:

- boven drinkwaternorm (gezondheidseffecten lang termijn)
- zilte smaak
- schade aan sommige gewassen en natuur

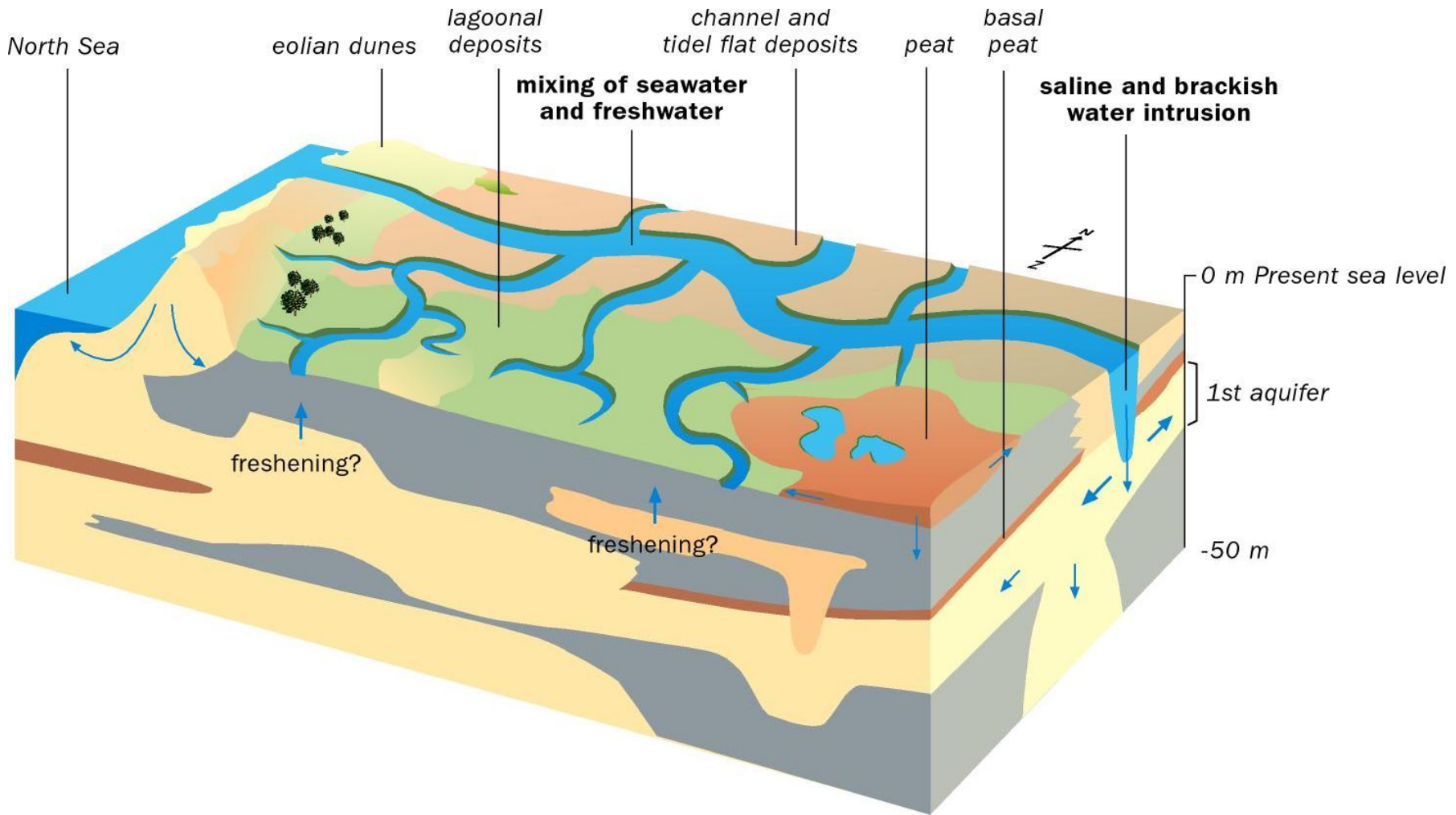


Zoet-zout grondwater stroomt

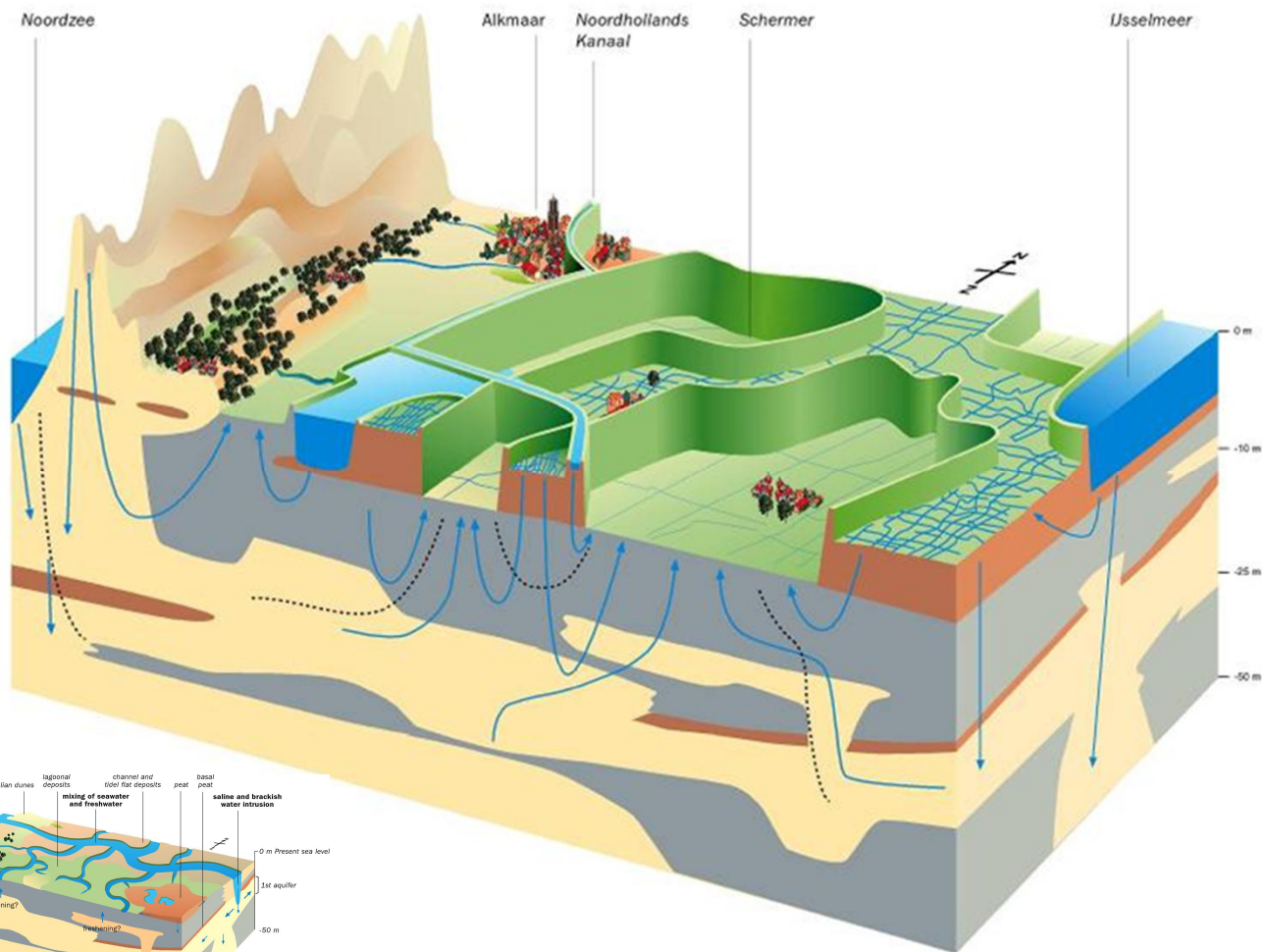
- Zoet grondwater drijft op zout grondwater door dichtheidsverschillen
- 'Badon Ghyben-Herzberg relatie'
- Zout verplaatst door meebewegen met stromend grondwater en door menging ('hydrodynamische dispersie')
- Zout in grondwater stroomt erg langzaam (orde meters per jaar)



Nederland in verleden, vóór menselijke invloeden (~4000 vChr.)



Het huidige grondwatersysteem in Nederland



Peilverlagingen in het verleden hebben grondwaterstromingen richting binnenland veroorzaakt

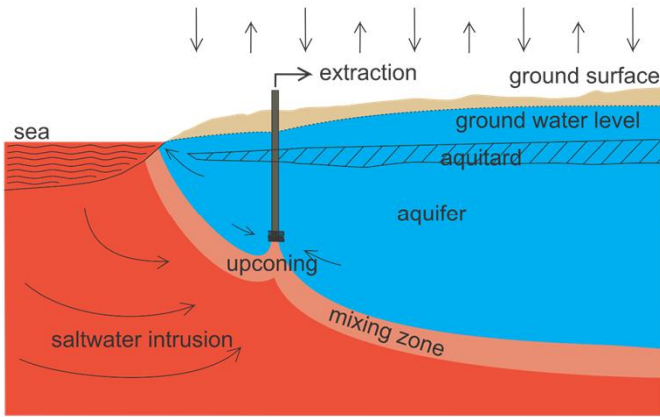
Historie (palaeohydrogeologie) belangrijk: grondwaterstroming is een traag proces

Het verleden heeft nog steeds invloed op de verdeling van zoet-brak-zout grondwater

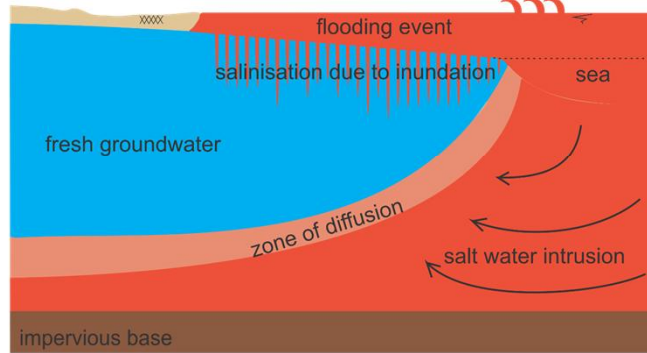
Zoet-zout verdeling kan op korte afstand sterk variëren

Uitleg en video op: <https://www.nemokennislink.nl/publicaties/oud-zout-rukt-op/>

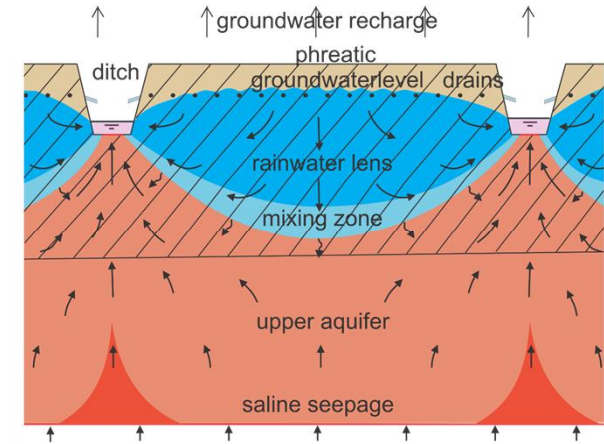
Verziltingsprocessen op lokale schaal



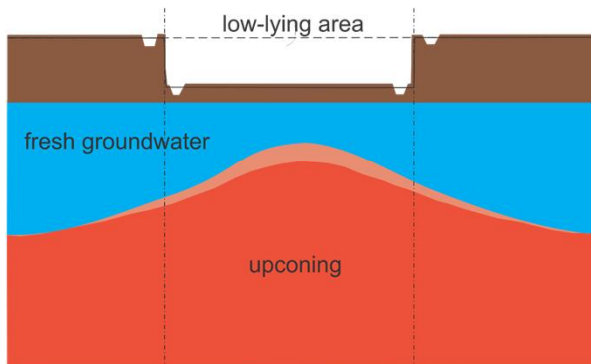
Zoutwaterintrusie



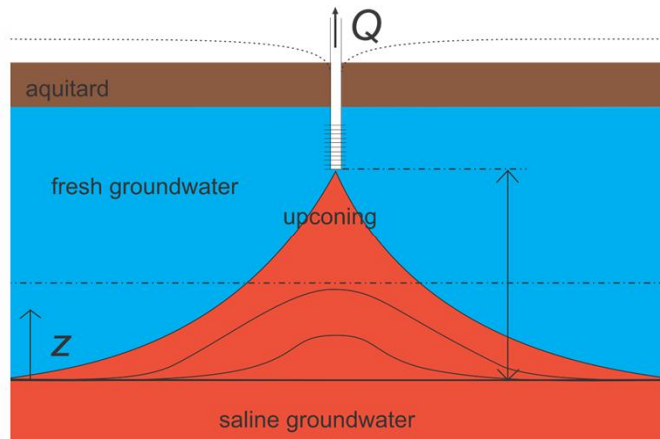
Inundatie zeewater bij overstroming



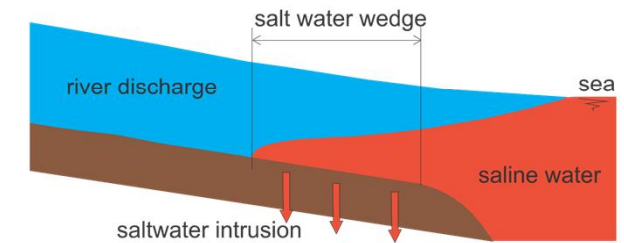
Regenwater lens in zout gebied



Opkegeling zout onder polders

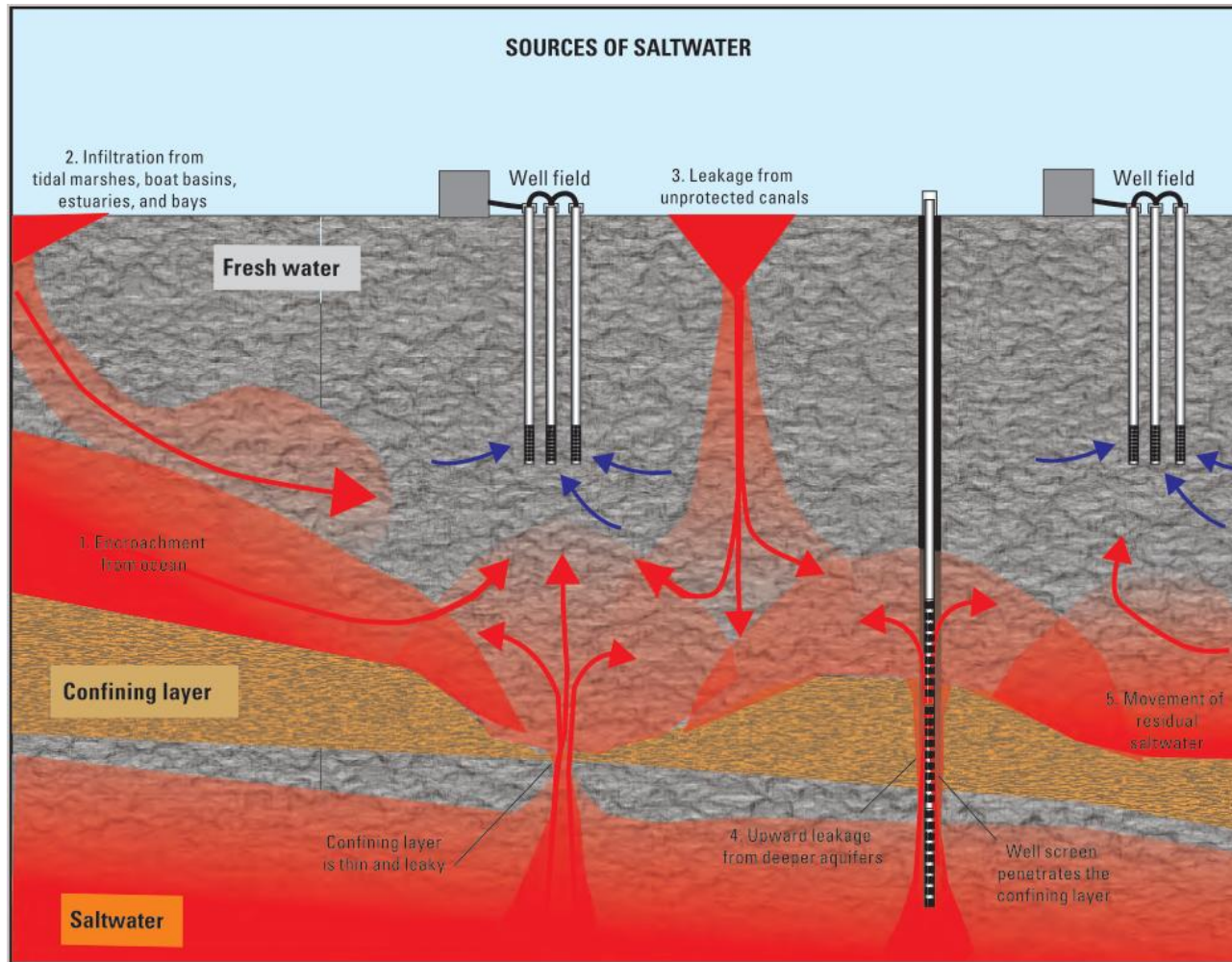


Opkegeling onder onttrekking

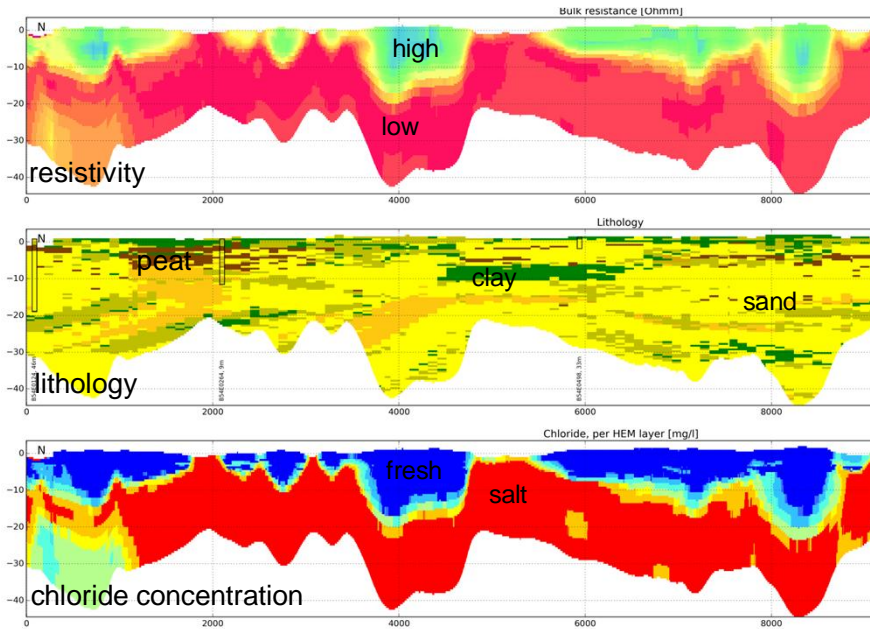
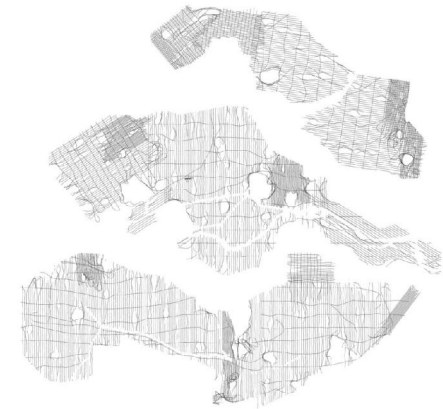
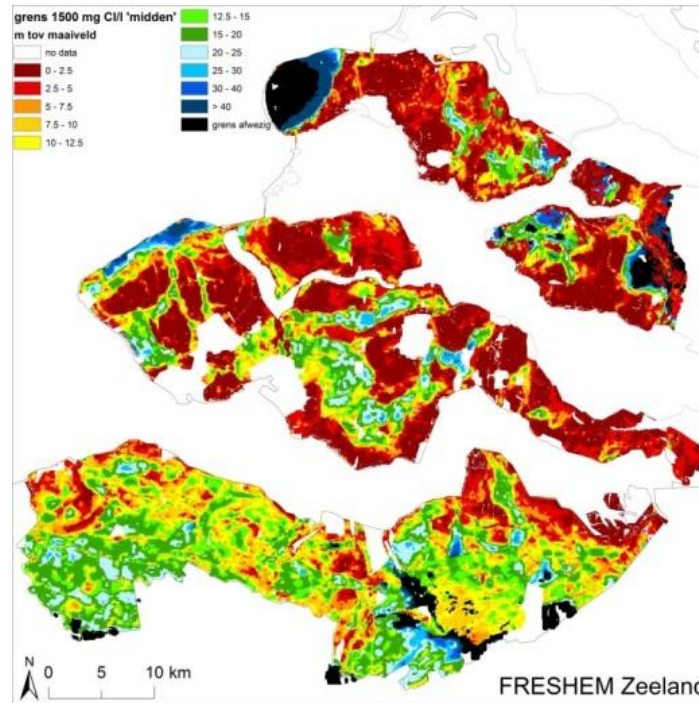
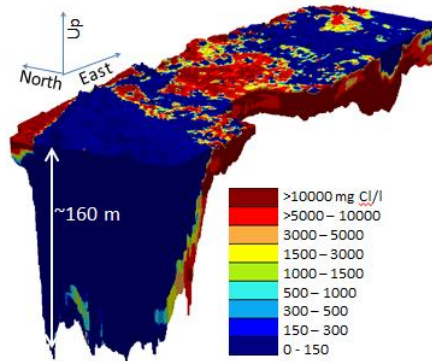


Zoutwater intrusie oppervlaktewater

De praktijk: waar komt het zout vandaan?



Karteren zoet-zout grondwater: FRESHEM Zeeland, en NL in-spe

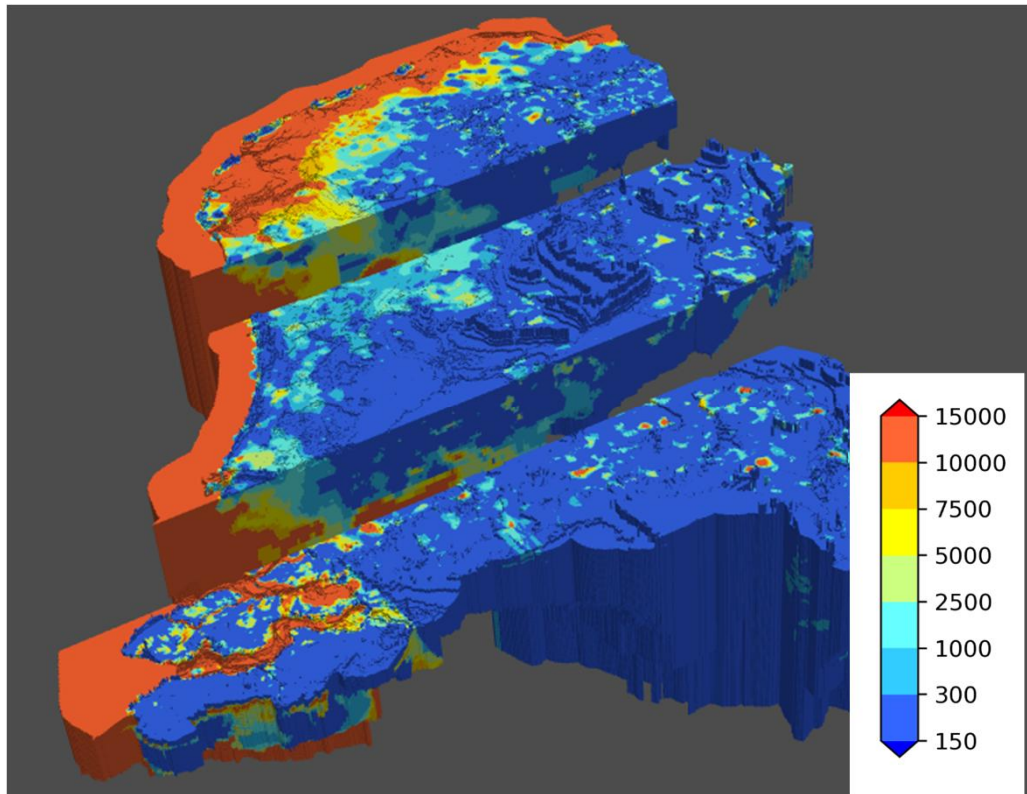


Delsman, et al., 2018. Large-scale, probabilistic salinity mapping using airborne electromagnetics for groundwater management in Zeeland, the Netherlands. *Environ. Res. Lett.* 13, 13. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aad19e>

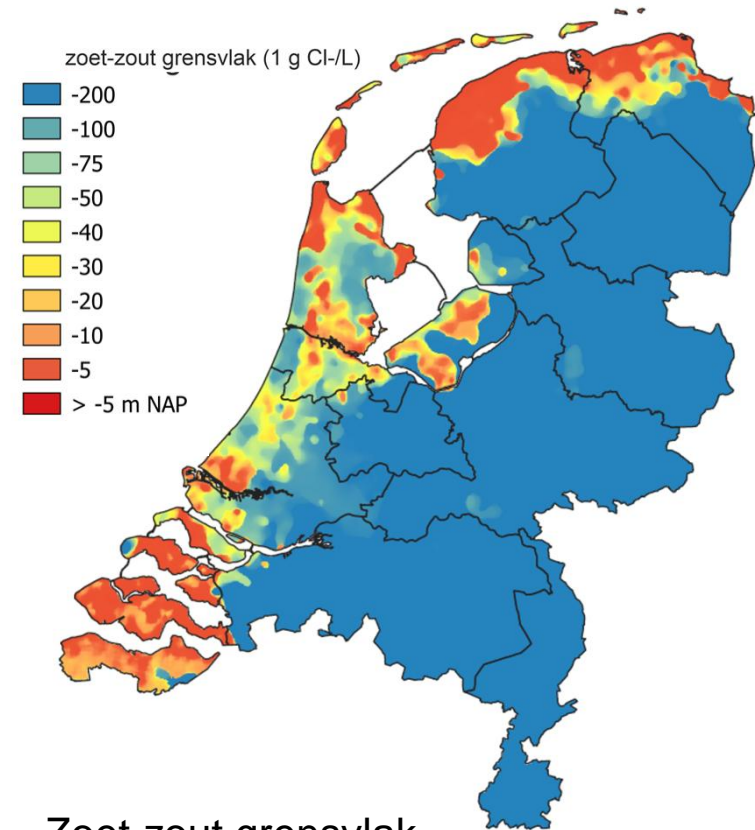
Modelleren: bijv. Nederlands Hydrologisch instrumentarium, zoet-zout

- Ingezet voor Delta programma Zoetwater, Kennisprogramma Zeespiegelstijging
- Zoet-zout verdeling ondergrond, nu en toekomst

- Volume zoet grondwater Nederland: $\sim 1100 \text{ km}^3$
- (er wordt per jaar 1.5 km^3 grondwater onttrokken en het regent orde $30 \text{ km}^3/\text{jaar}$)



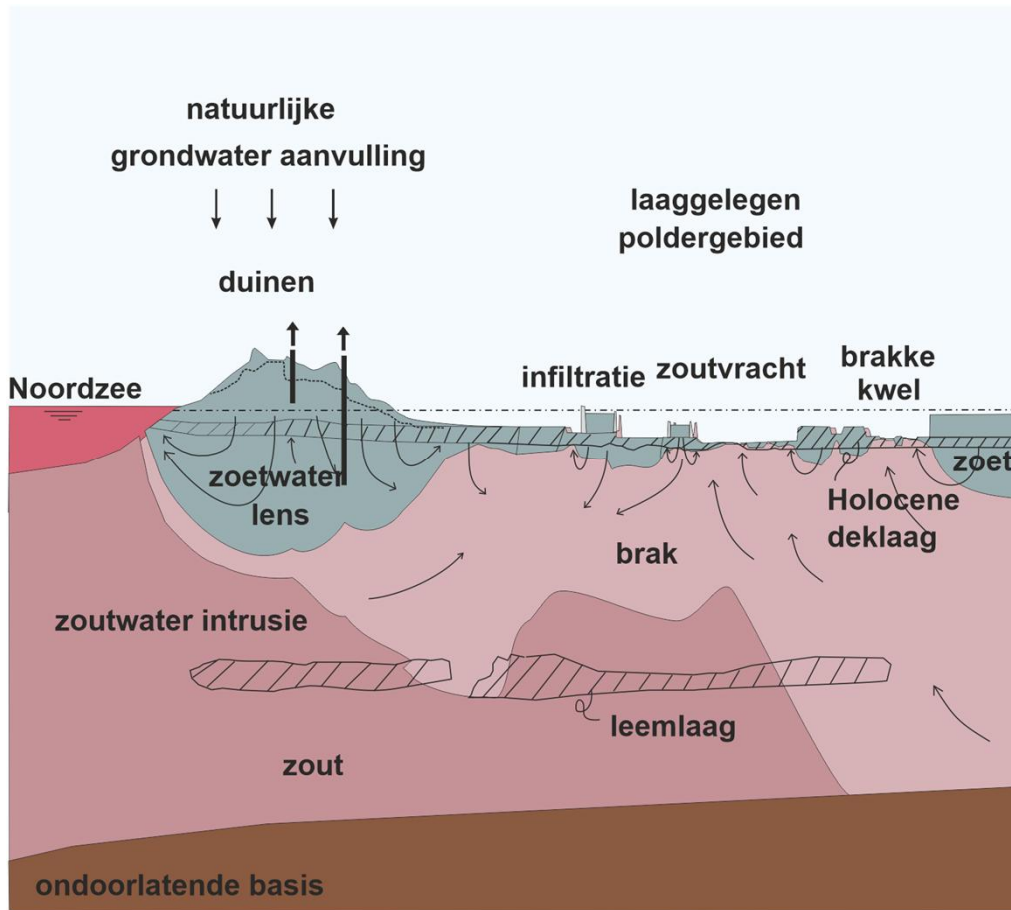
Geïnterpoleerde 3D zoet-zout verdeling (mg Chloride⁻ / L)



Zoet-zout grensvlak

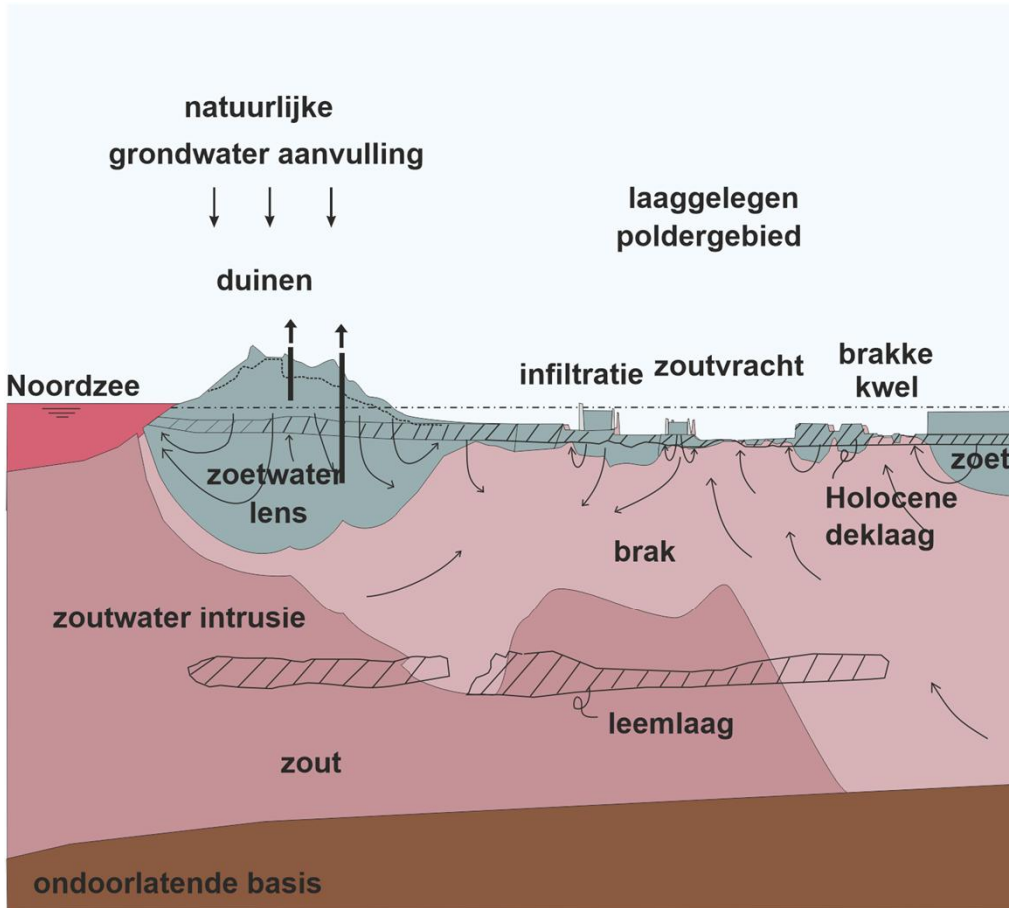
Grondwatersysteem kustgebied onder druk...

nu

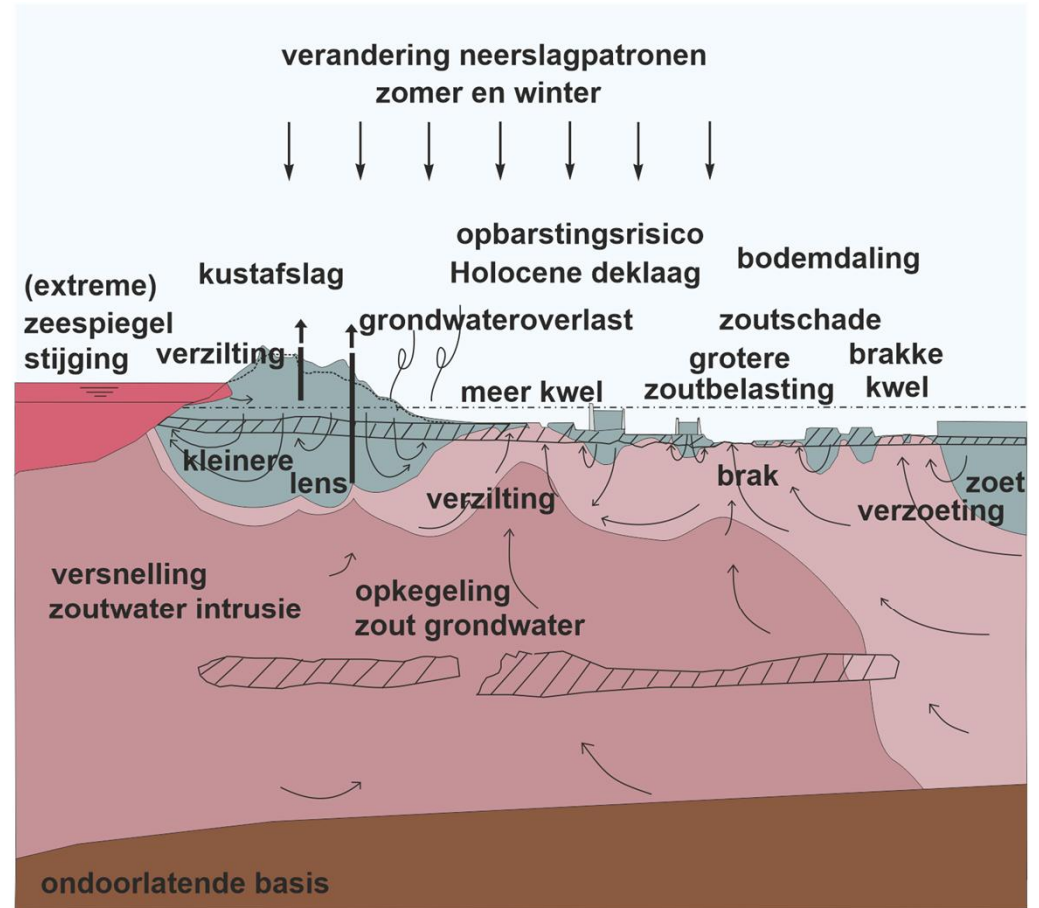


Grondwatersysteem kustgebied onder druk...

nu



toekomst



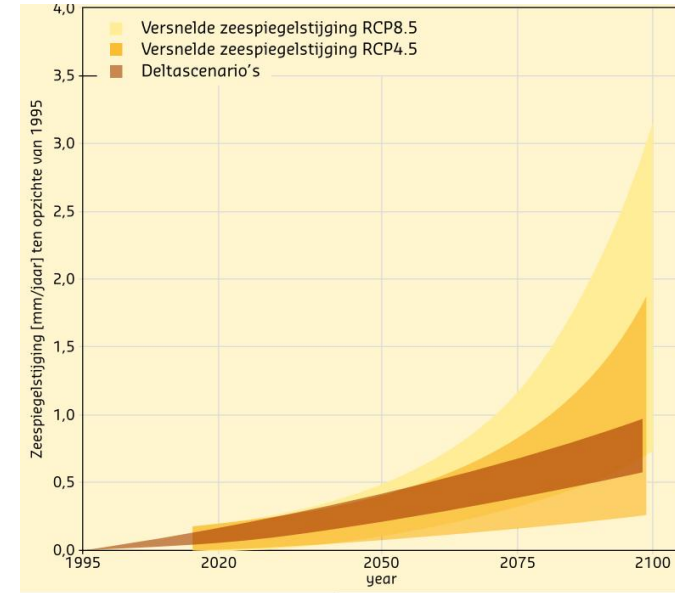
Zeespiegelstijging en grondwater

Invloedsfeer in grondwatersysteem

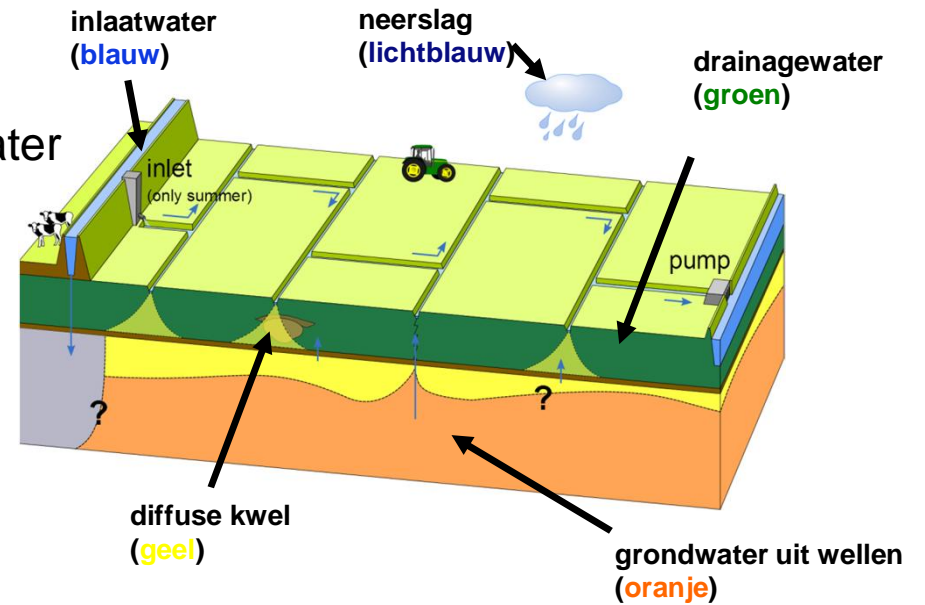
Legend

1 meter

- Geen directe invloed ZSS te verwachten
- Binnen invloedsfeer ZSS

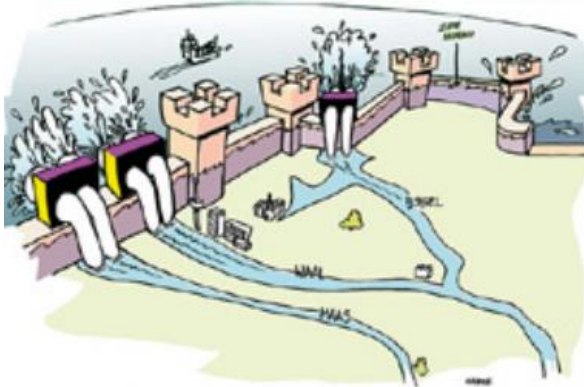


Doorspoelen oppervlaktewater

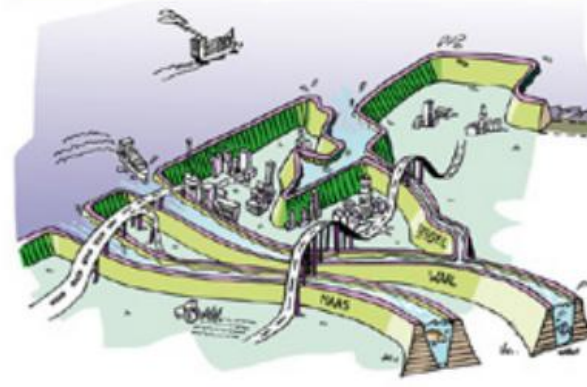


Nederland Later

☐ Beschermen gesloten



☐ Beschermen open



< Zeewaarts



~ Meebewegen



Haasnoot et al., 2019. *Strategieën voor adaptatie aan hoge en versnelde zeespiegelstijging. Een verkenning.* 1–65.

Haasnoot et al., 2018. *Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma. Een verkenning, Deltares rapport 11202230-005-0002.*

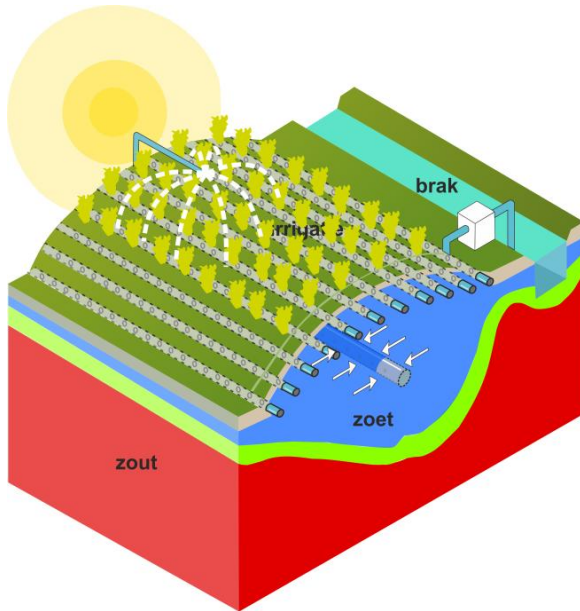
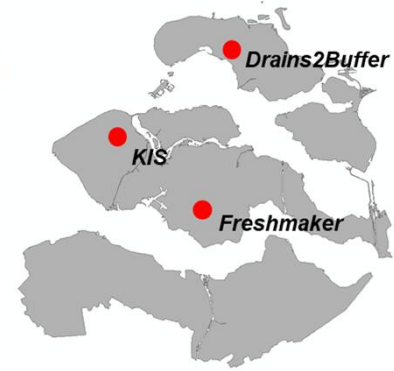
Lokale initiatieven klimaatrobuuste zoetwatervoorziening

“there is no solution that fits all”

Case Zeeland

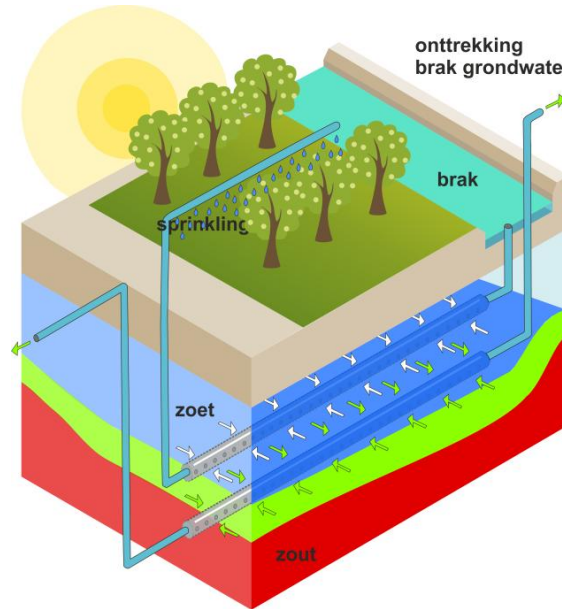


Lokaal: zoete grondwaterreserves vergroten en/of beheren agrariërs (voorbeelden ASR Zeeland, GO-FRESH)



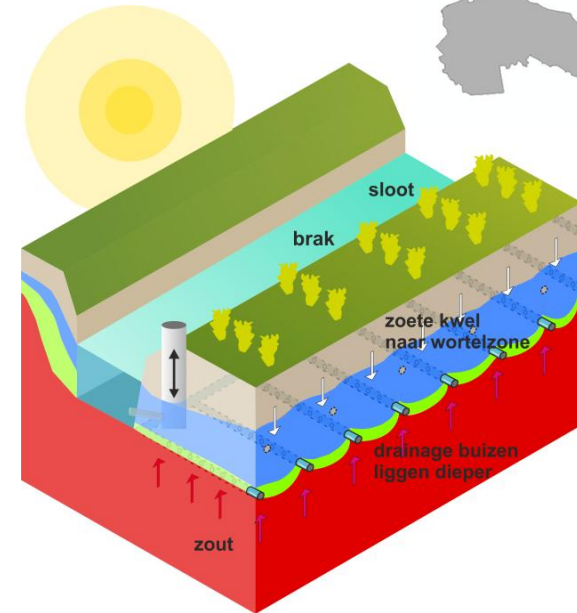
Kreekrug Infiltratie Systeem

*verhoging grondwaterstand
door infiltratie opp.water en
peilgestuurde drainage,
daardoor diepere
zoetwaterlens*



Freshmaker

*injectie zoet water
én onttrekking
zout grondwater*



Drains2Buffer

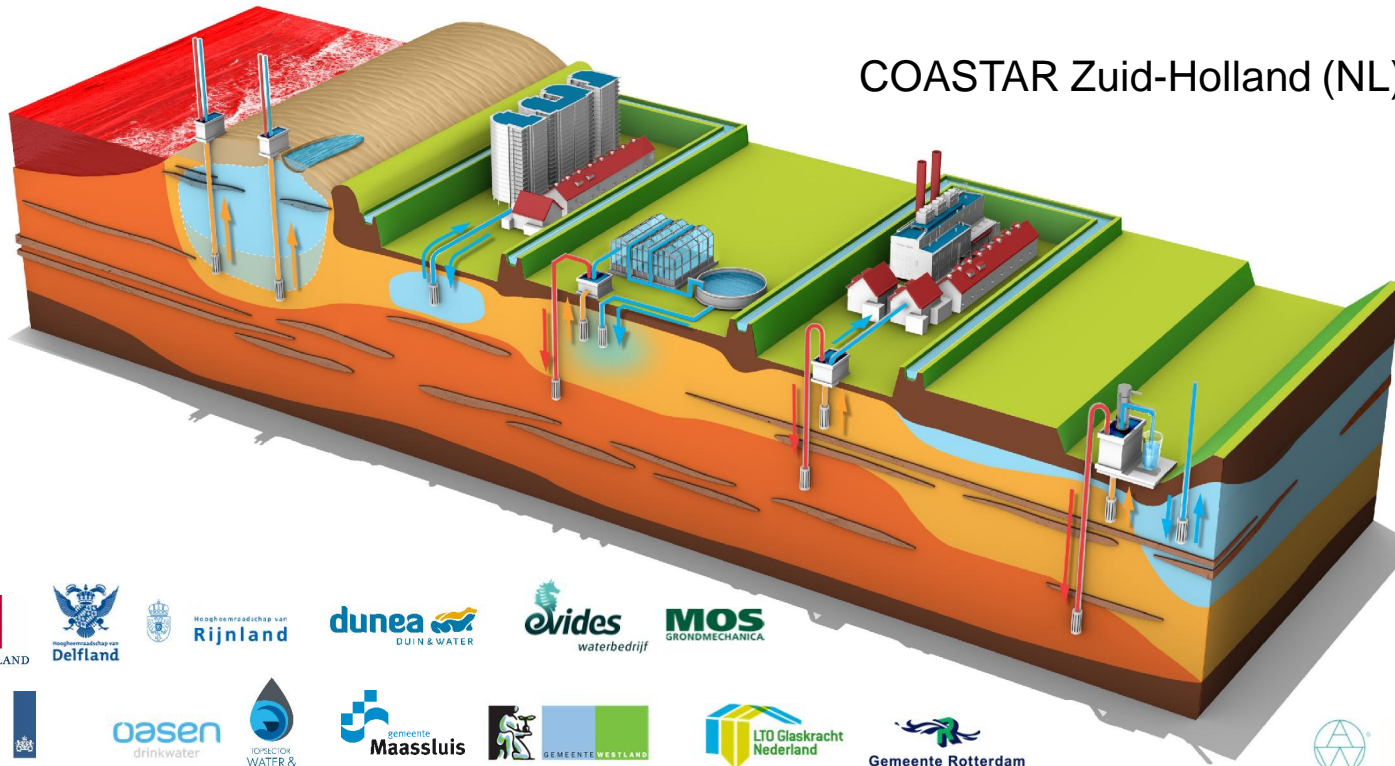
*slimme diepe drainage
beschermt dunne
zoete regenwaterlens*

www.go-fresh.info

Regionaal: grootschalig gebruik van de ondergrond voor een robuuste watervoorziening en waterbeheer door:

- het dichten van het gat tussen watervraag en wateraanbod over tijd en ruimte
- vóórkomen van verzilting door brak grondwater te gebruiken voor de zoetwaterproductie

COASTAR Zuid-Holland (NL)



www.coastar.nl



Hoogheemraadschap van Rijnland



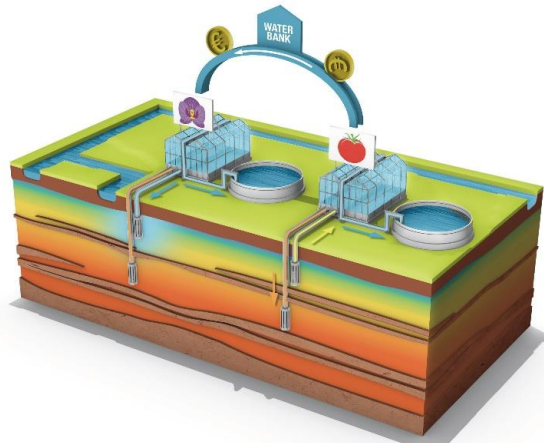
Deltares

KWR

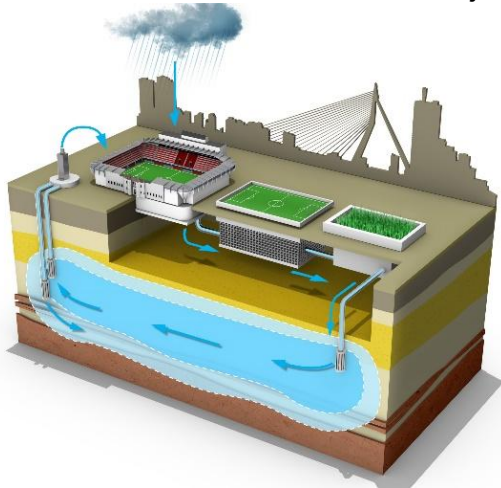
ARCADIS

COASTAR regionale demonstraties

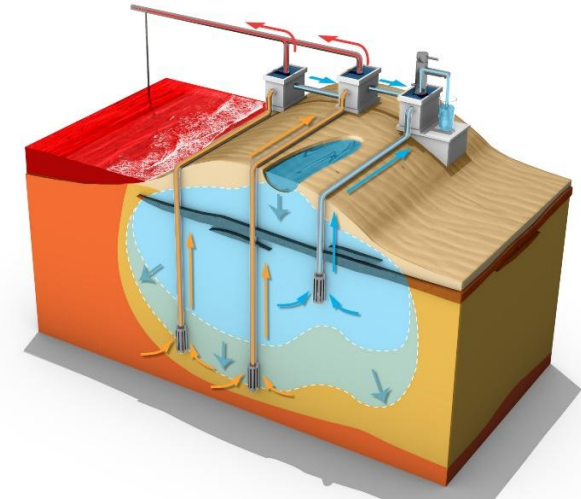
Water bank Westland



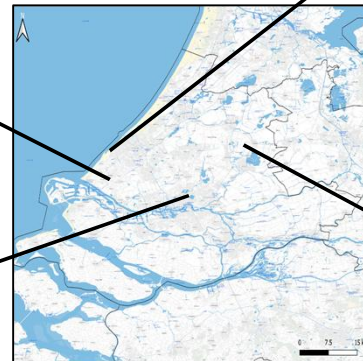
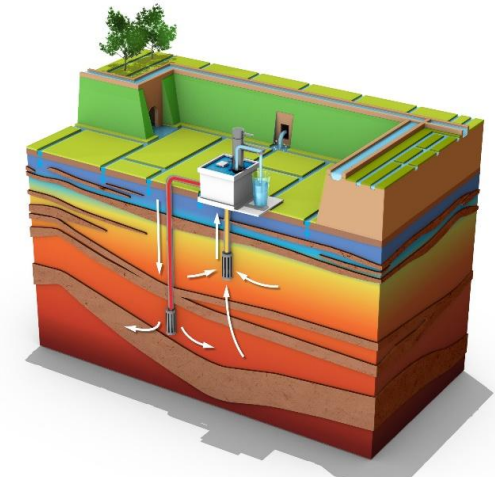
Urban Water Buffers, stedelijk gebied



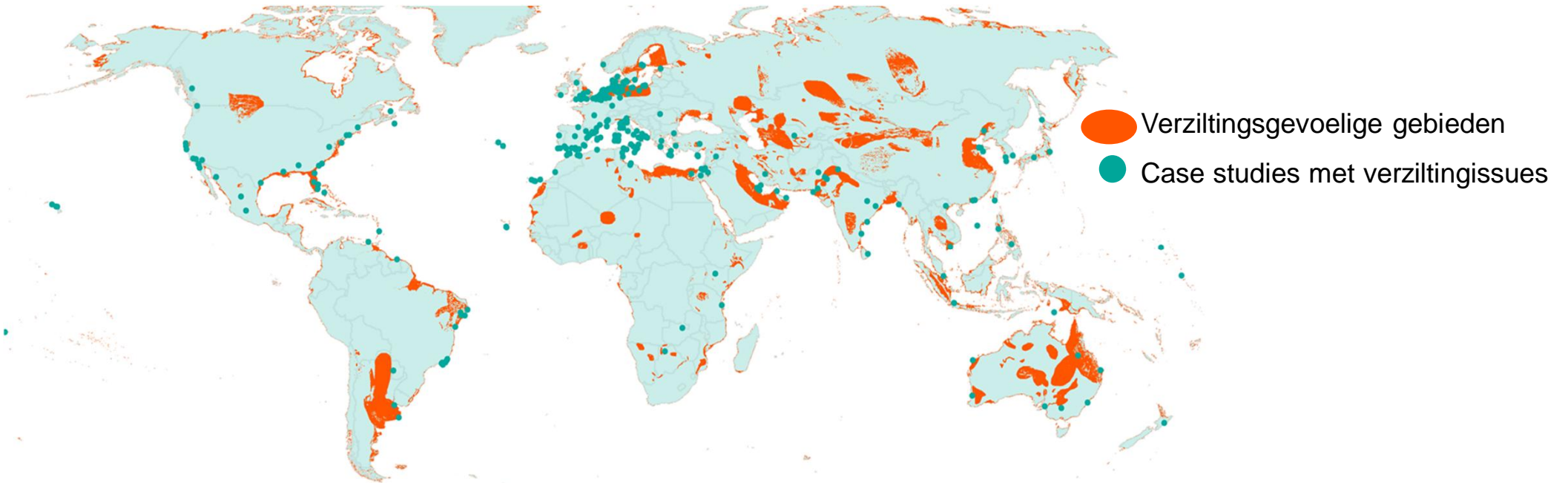
Brak grondwater onttrekking duinen



Brak grondwater onttrekking polder



Internationaal verzilt het grond- en oppervlaktewater systeem ook en staat de zoetwatervoorziening onder druk



Vragen straks.

Achtergrondinformatie:

- Zoet-zout verdeling Zeeland: <https://kaarten.zeeland.nl/map/freshem>
- Deltafacts, oa.:
 - Verzilting
 - Regenwaterlenzen
- NHI.nu: zoet-zout instrumentarium: <https://www.nhi.nu/nl/index.php/uitvoering/gerealiseerd/nhi-zoet-zout/>
- Wiki: <http://zoetzout.deltares.nl/>
- Artikelen zoet-zout grondwater wereldwijd: [link](#)
- Maatregelen:
 - COASTAR: <https://www.coastar.nl/>
 - Spaarwater: <http://www.spaarwater.com/>
 - Ondergronds waterberging Zeeland: GO-FRESH: <http://go-fresh.info/>

Deltares