



# Op weg naar een duurzame lokale zoetwatervoorziening in de Provincie Zeeland

**Gualbert Oude Essink**  
Deltares/UU



**Vincent Klap**  
Provincie Zeeland



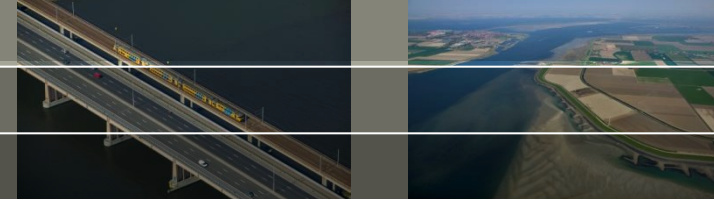
**More information:**

[www.go-fresh.info](http://www.go-fresh.info)

[www.zoetzout.deltares.nl](http://www.zoetzout.deltares.nl)



Geohydrological Opportunities  
for FRESH Water Supply



Wat zijn kennisiaten in de Zeeuwse aanpak; wat is nog niet op orde?

Is de opvolging van projecten in de tijd optimaal?

Is de gepresenteerde kennis bruikbaar in andere regio's? En zo ja, welke onderdelen?

Wat doen andere regio's aan kennisontwikkeling op het thema zelfvoorzienendheid zoetwater?

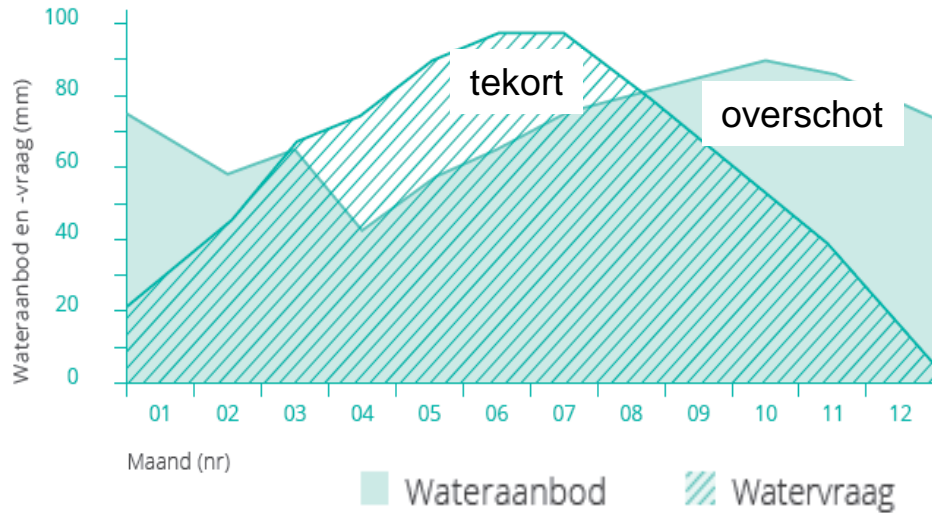
Er is een wens voor kennistransfer? Hoe gaan we kennis delen?

# Op weg naar duurzame lokale zoetwatervoorziening

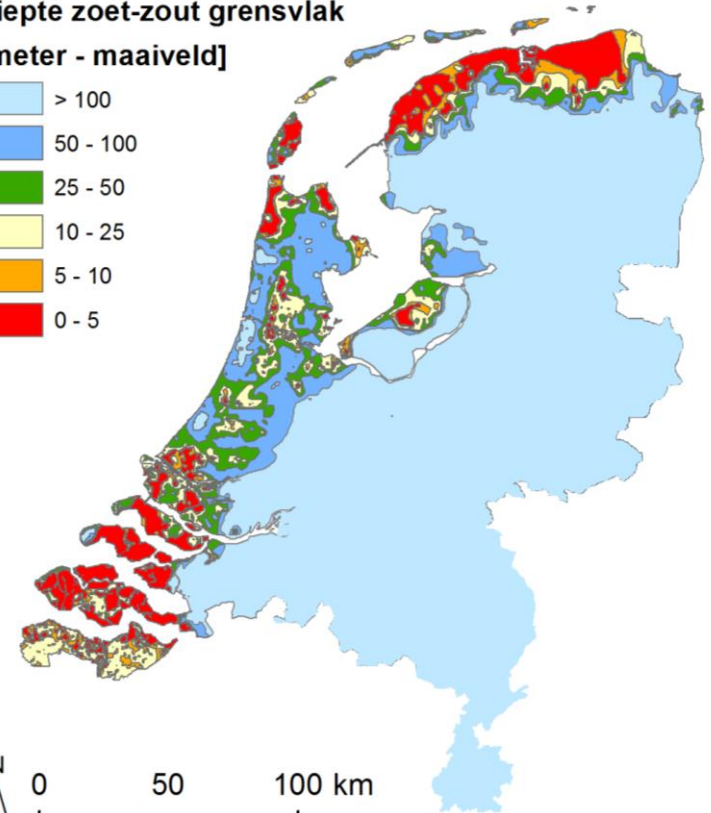
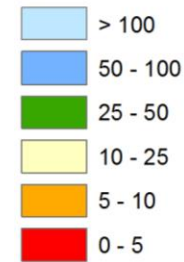
1. *Sense of urgency* zoetwaterproblematiek te Zeeland
  - Meten is weten
  - Modelleren effecten klimaatverandering en grondwateronttrekkingen
2. Onderzoek: watersysteem analyse, regenwaterlenzen, krekken
3. Kartering zoet-zout verdeling in het grondwater (FRESHM)
4. Pilots ondergrondse zoetwaterberging (GO-FRESH)
5. Opschalingskansen in de regio voor agrariërs (semantische wiki) en overheid (o.a. Regioscan), incl. econ.haalbaarheid
6. Afwegingskaders en regulering
7. Communicatie en kennistransfer



# Closing the water gap, zelfs in Nederland

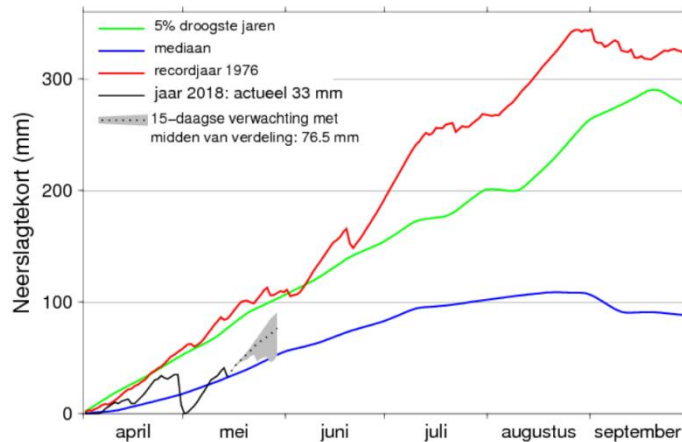


diepte zoet-zout grensvlak  
[meter - maaiveld]

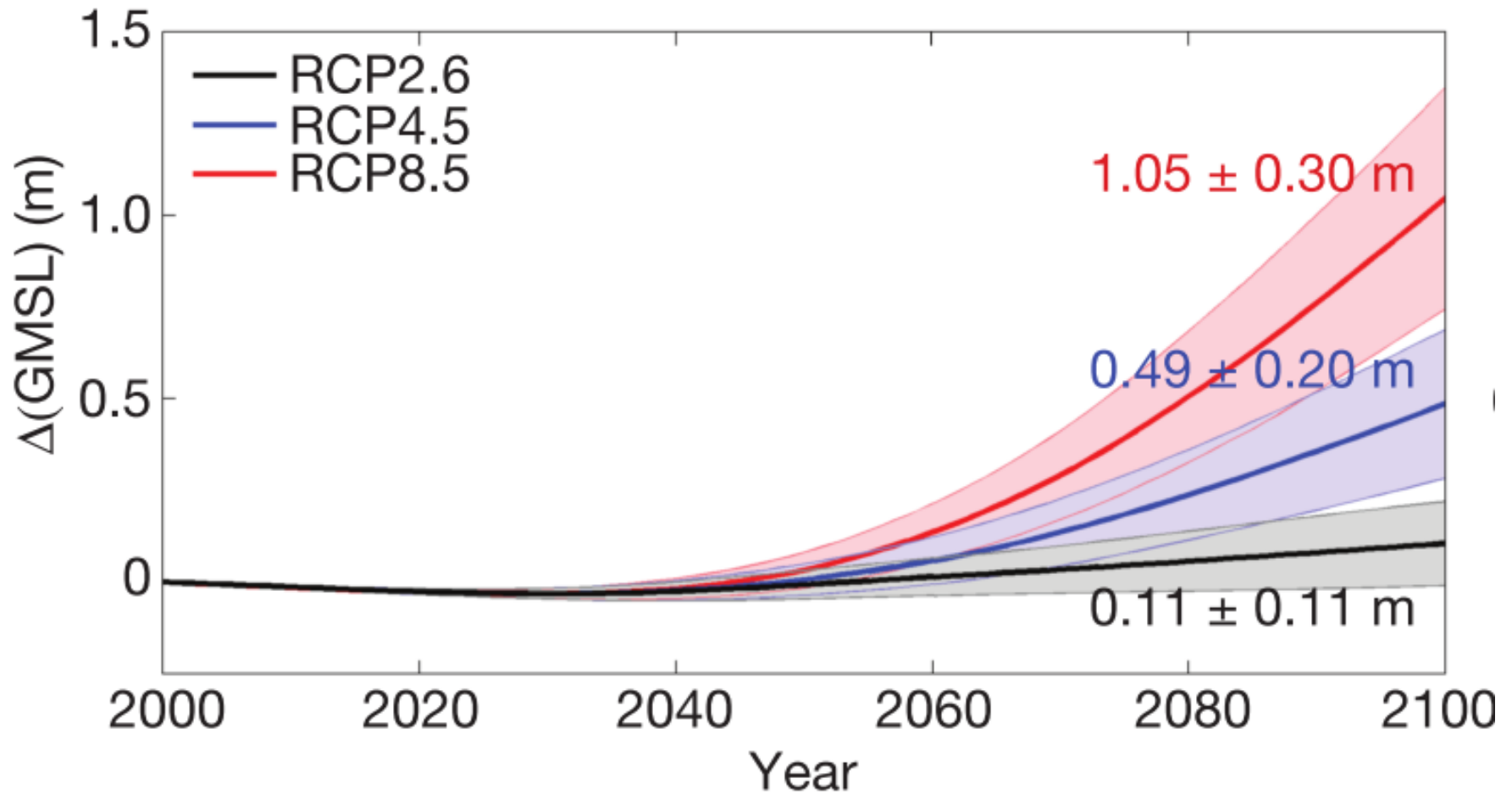


Neerslagtekort in Nederland in 2018

Landelijk gemiddelde over 13 stations

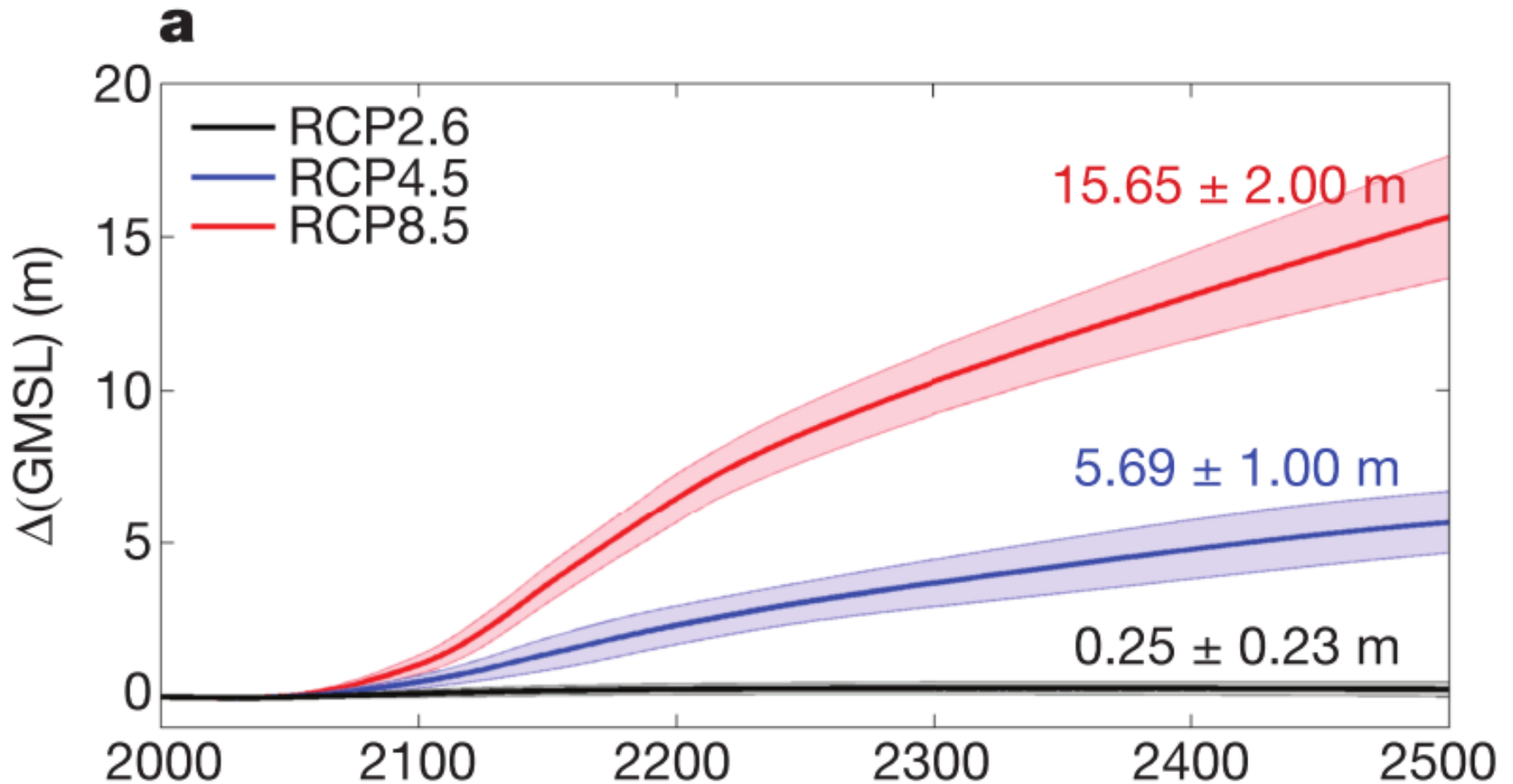


# Total Global Mean Sea Level (bijdrage Antarctica)



DeConto *et al.* *Nature* **531**, 591–597 (2016) doi:10.1038/nature17145

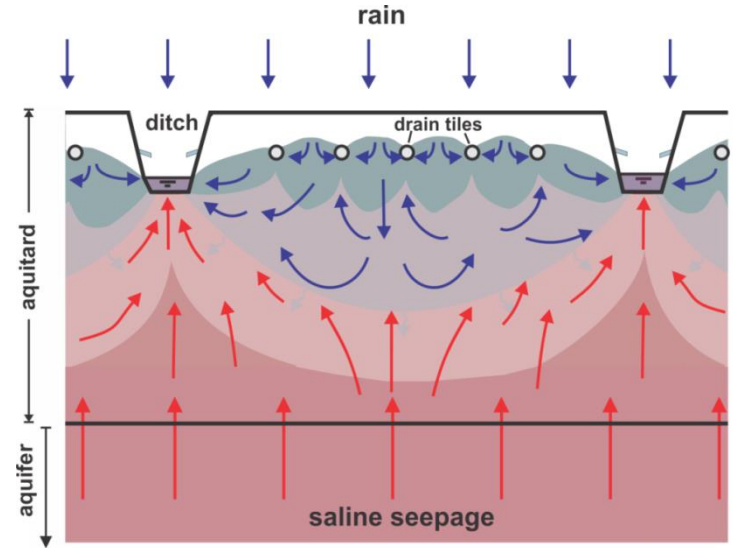
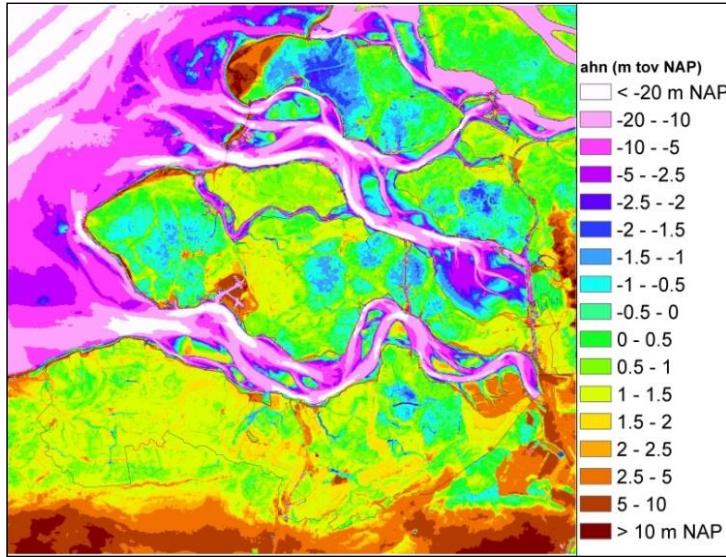
# Total Global Mean Sea Level (bijdrage Antarctica)



DeConto *et al. Nature* **531**, 591–597 (2016) doi:10.1038/nature17145

# Zoetwaterlandbouw in de zilte Zeeuwse Delta

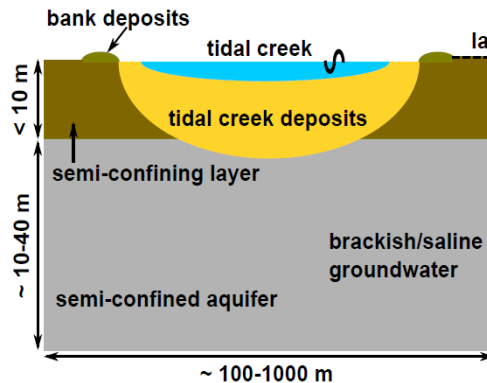
Hoogte maaiveld [m]



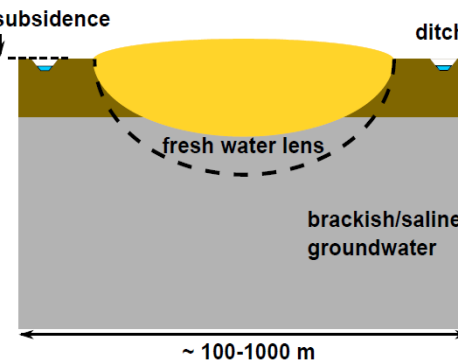
Regenwaterlens drijvend op zout water

## Kreekrugsystemen

1200 AD; before land reclamation



current situation

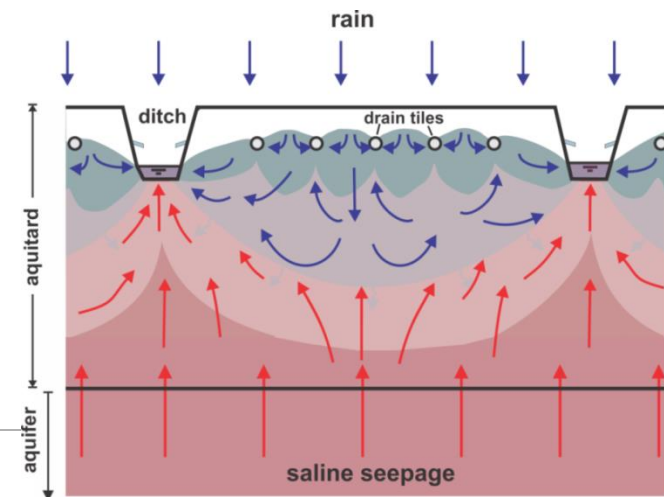


# Projecten laatste 10jaar voor de Provincie Zeeland

1. Verzoeting en verzilting freatisch grondwater (monitoring, modellen)
2. Kennis voor Klimaat zoetwatervoorziening (onderzoek regenwaterlens)
3. Provincie dekkende zoet-zout kartering (FRESHEM)\*
4. Ondergrondse waterberging in een drietal pilots (GO-FRESH)\*
5. Zoet-zout modellen: effecten klimaatverandering en onttrekkingen
6. Economische evaluatie van (lokale) maatregelen (€ureyeopener ZWD)
7. Kansen maatregelen ondergrondse wateropslag (Regioscan, FWOO)
8. Evaluatie en actualisatie van de bestaande onttrekkingsregels
9. ...

\* Bijdrage vanuit Deltafonds

(zie onderaan deze ppt refs naar projecten/rapportages)

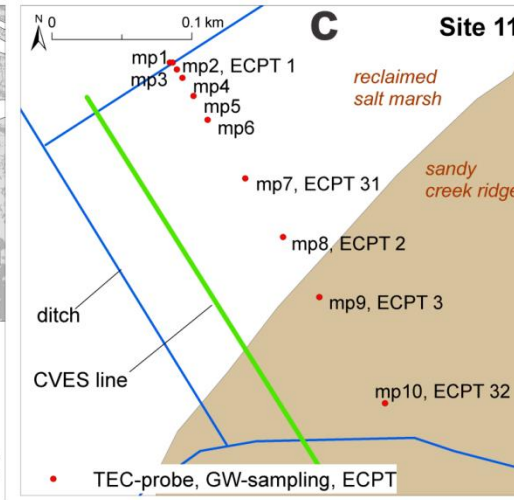
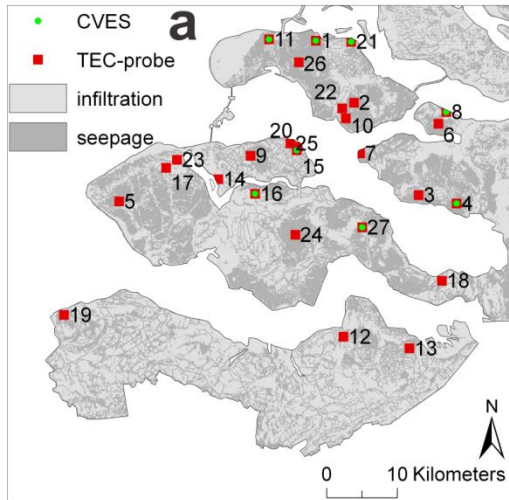




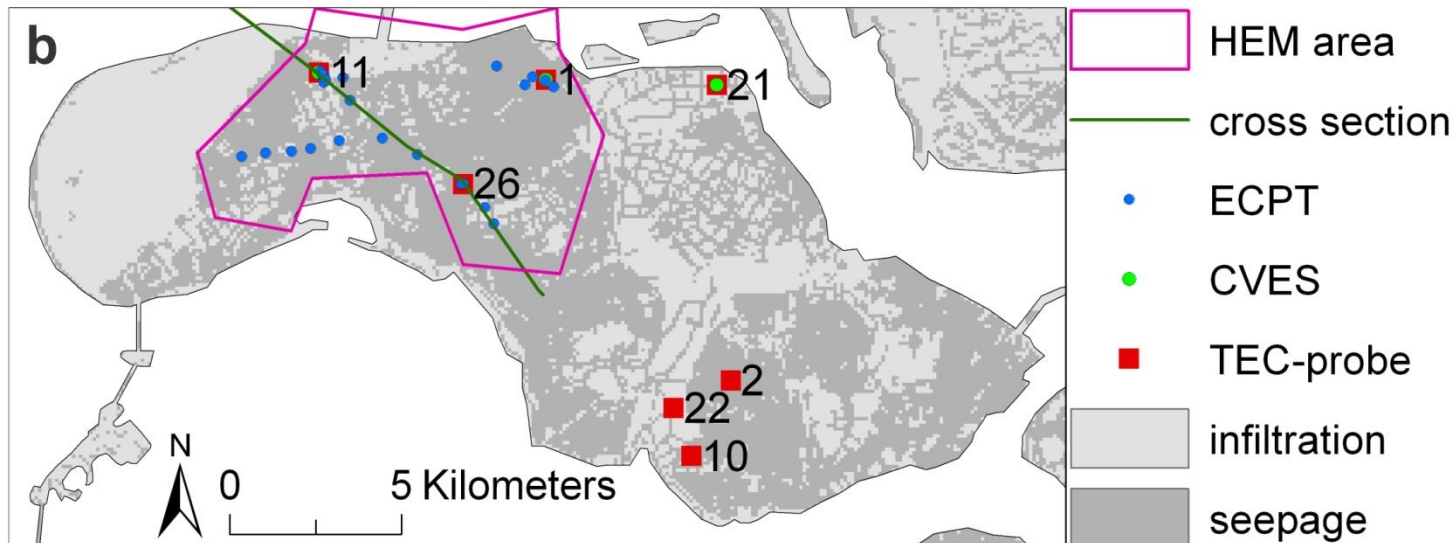
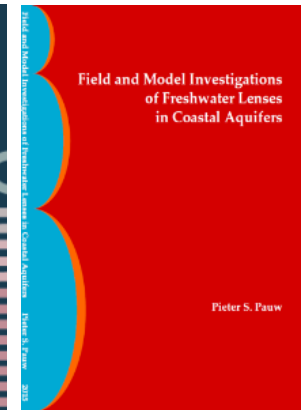
# Meten is weten



# Onderzoek: watersysteem analyse, monitoring, modelleren

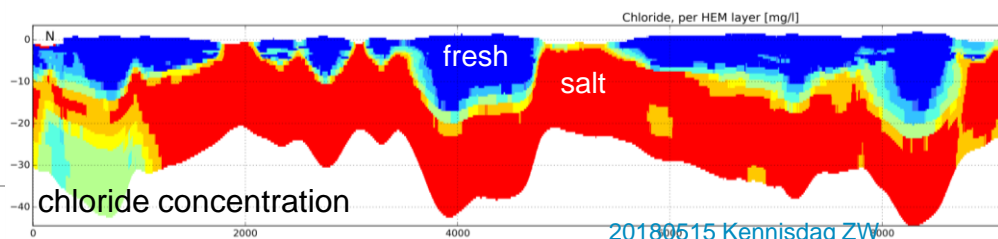
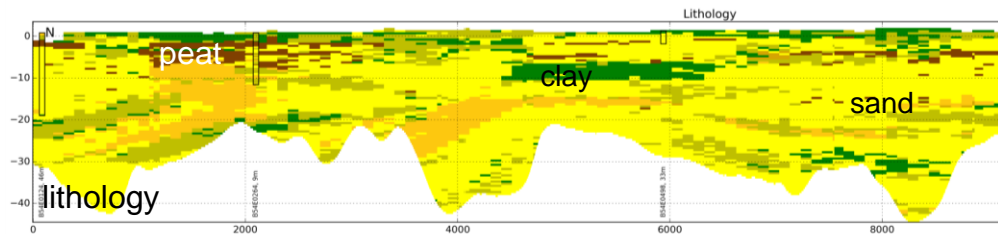
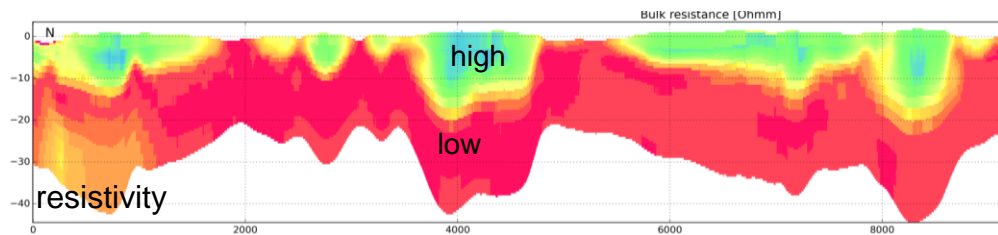
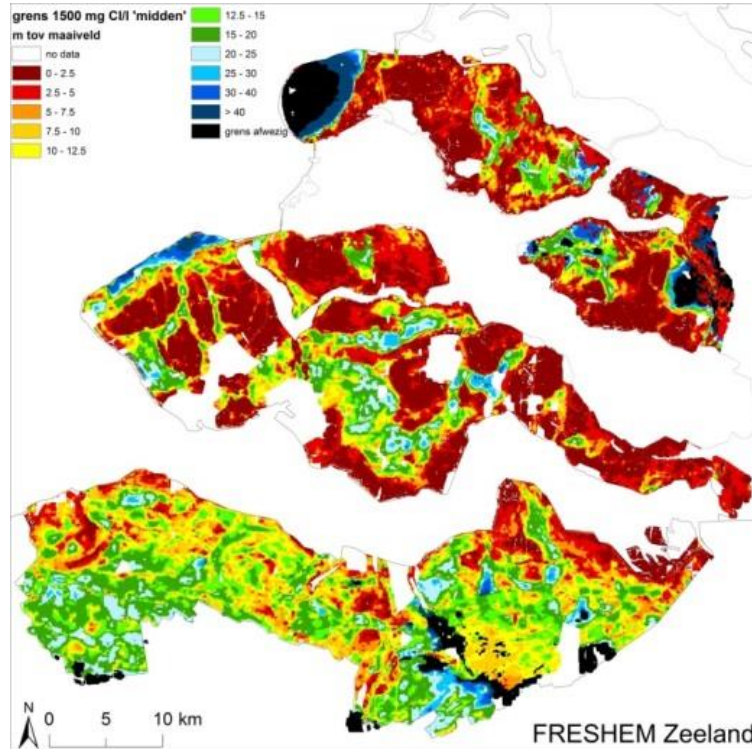
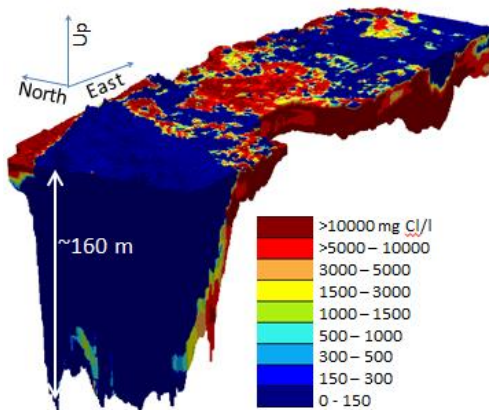


Proefschriften:  
De Louw 2013 Pauw 2015



# FRESHM Zeeland: zoet-zout kartering grondwater

<https://kaarten.zeeland.nl/map/freshem>



Save the date:  
8 juni 2018  
Meeting FRESHM NL



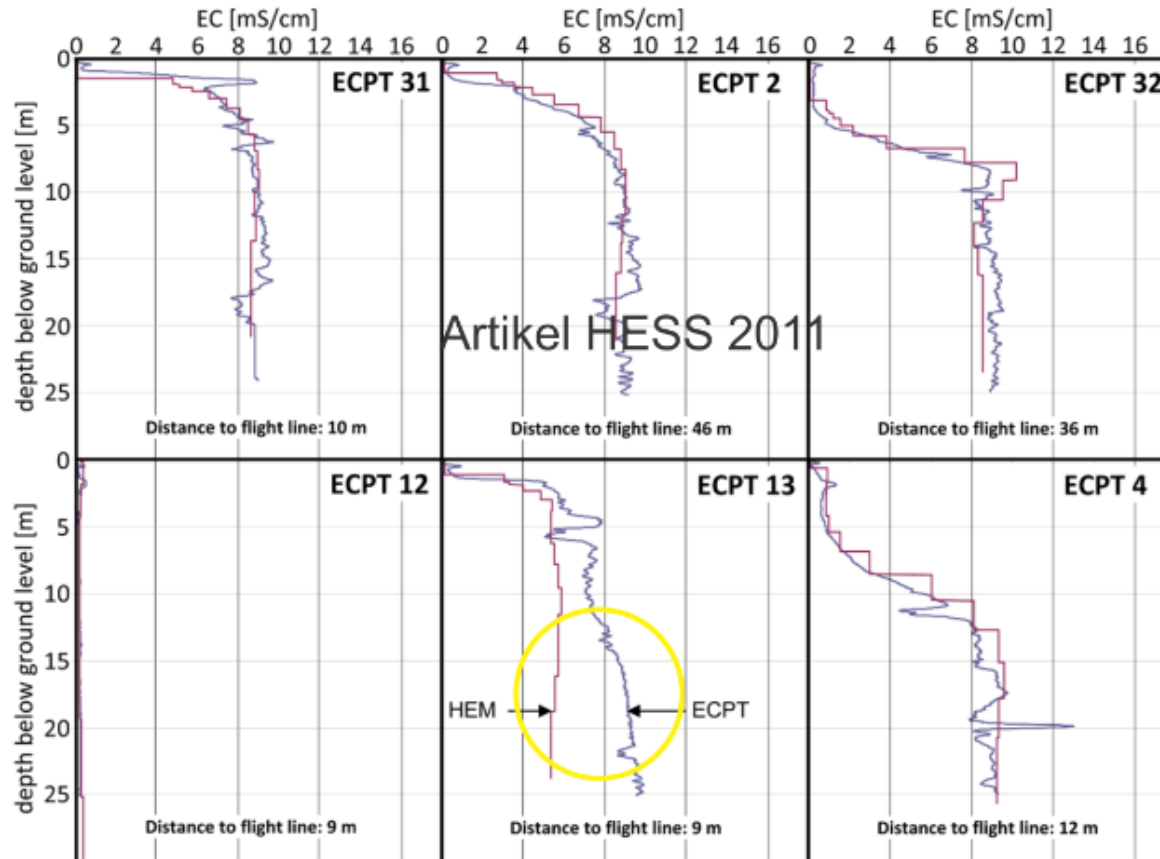
TNO innovation for life



# Check met groundtruth data: meestal match, soms niet

<https://kaarten.zeeland.nl/map/freshem>

## Schouwen-Duiveland

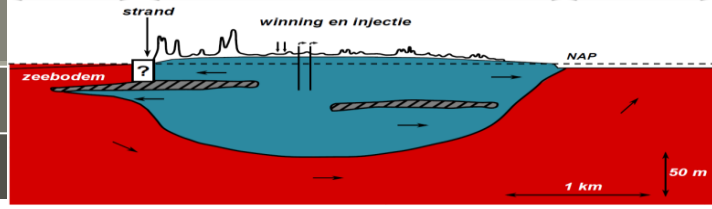


De Louw, P.G.B., Eeman, S., Siemon, B., Voortman, B.R., Gunnink, J., van Baaren, E.S., and Oude Essink, G.H.P., 2011, Shallow rainwater lenses in deltaic areas with saline seepage, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 3659-3678, doi: [10.5194/hess-15-3659-2011](https://doi.org/10.5194/hess-15-3659-2011)

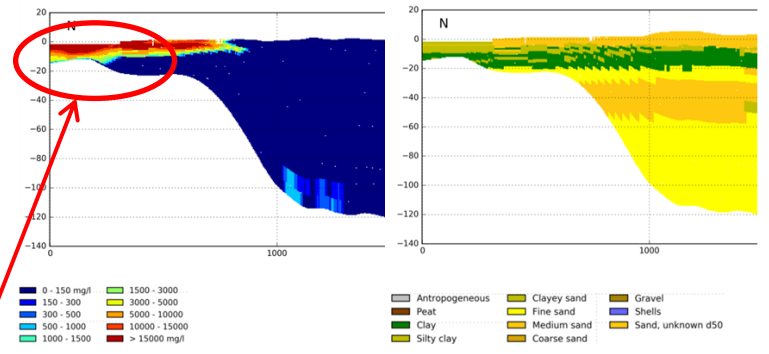
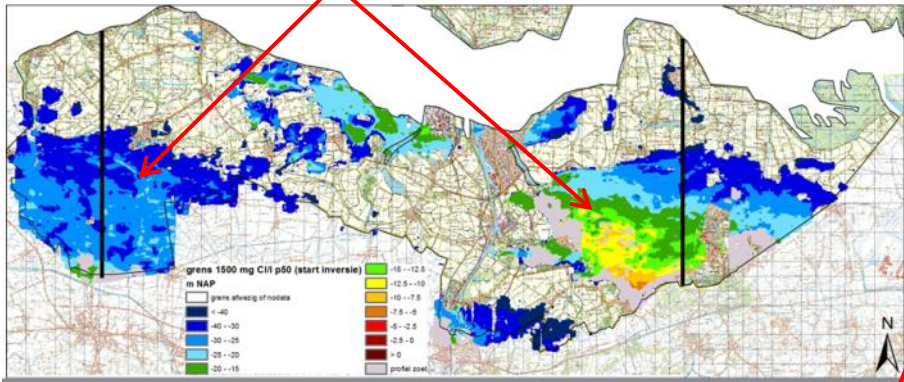
[link to HESS](#)

# Verrassende FRESHEM resultaten

<https://kaarten.zeeland.nl/map/freshem>



1. Grote volumes zoetwater die zijn aangetroffen onder zoute lagen

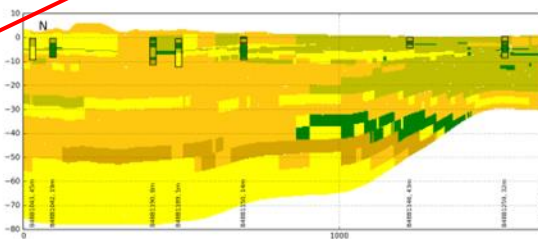
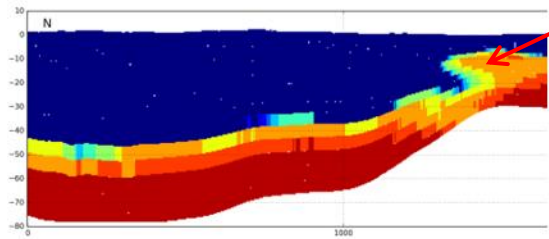


2. Zoet grondwater onder strand en onder zee

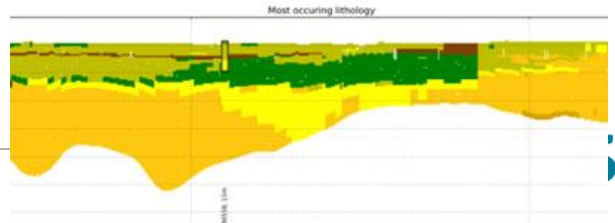
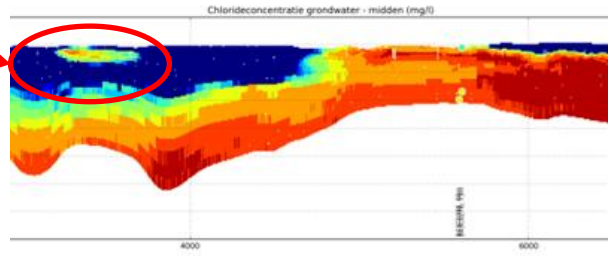
3. Afstroming zoet grondwater onder kleilagen bij kreekruggen en binnenduintrand

4. Dun zout laagje op en in klei- en veenlaag

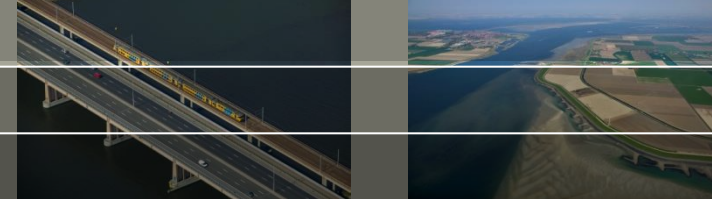
*Effect geologie is groot*



Noord Zeeland, vlieglijn 309.1



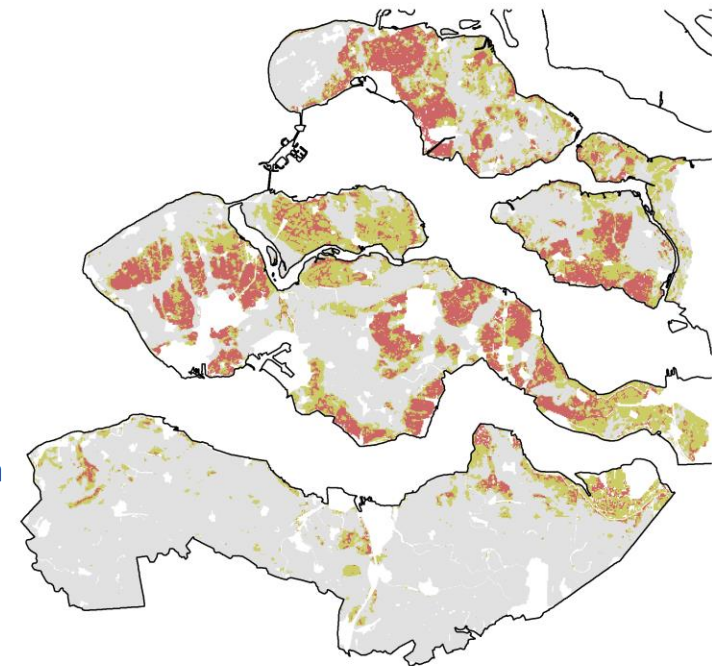
# Toepassingen FRESHEM



- Kansenkaarten ondergrondse waterbergingsmaatregelen zoetwater
- Risicogebieden zout grondwater (nabij grondwateronttrekkingen)
- Kansgebieden zilte teelt, zoute natuur, zouttolerante aardappel
- Verbeteren numerieke modellen (effecten onttrekkingen, SLR)

## E: Voorkeursgebieden zouttolerante aardappelen

- E1: grote voorkeur
- E2: voorkeur
- E3: geen voorkeur
- No data



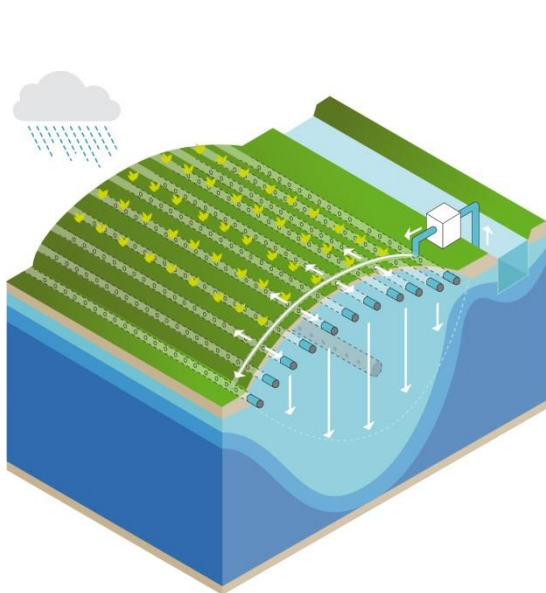
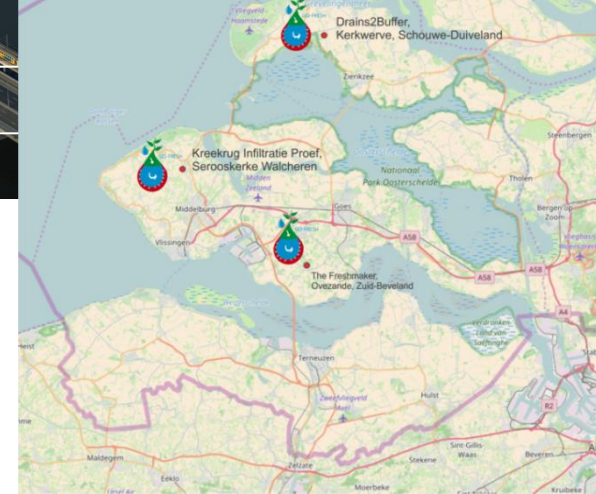
# GO-FRESH: Ondergrondse waterberging

## Doel:

- Bestaande zoete grondwatervoorraden beter benutten
- Nieuwe zoete grondwatervoorraden creëren

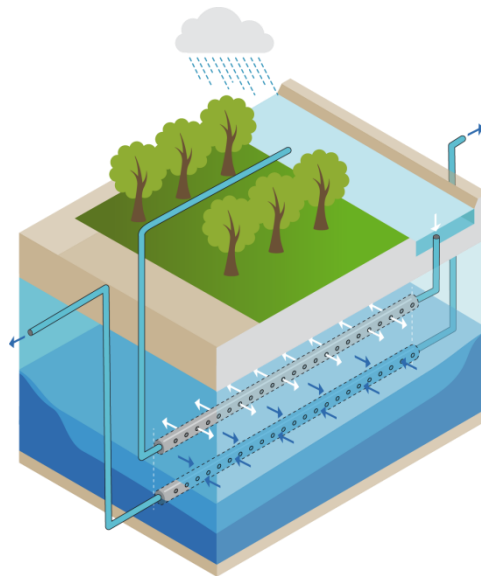
## Methode:

Testen efficiëntie ondergrondse waterberging op drie veldlocaties te Zeeland



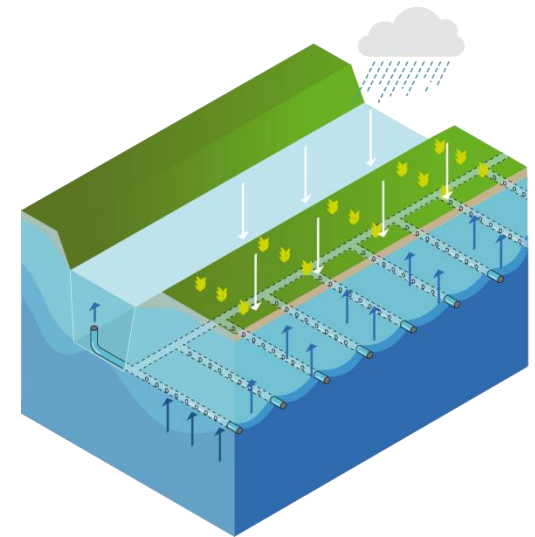
### **Kreekrug Infiltratie Stelsel**

*verhoging grondwaterstand door infiltratie opp.water en peilgestuurde drainage*



### **Freshmaker**

*injectie zoet water en onttrekking zout grondwater*

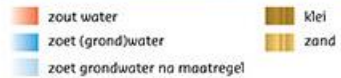
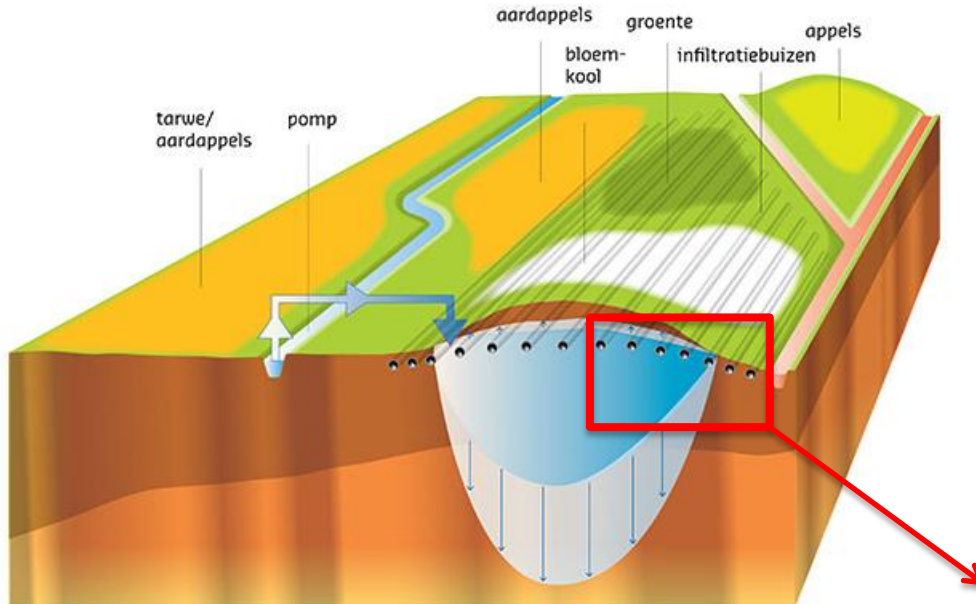


### **Drains2Buffer**

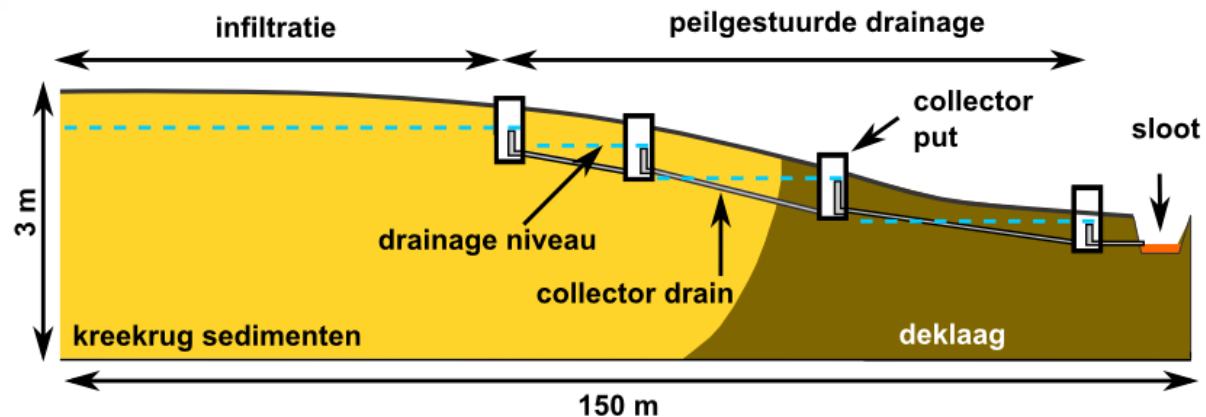
*slimme diepe drainage beschermt dunne zoete regenwaterlens*

# KIS: Vergroten zoetwaterlens door actieve infiltratie van zoet oppervlaktewater: pilot GO-FRESH (Pauw et al., 2015)

## Kreekrug Infiltratie Systeem

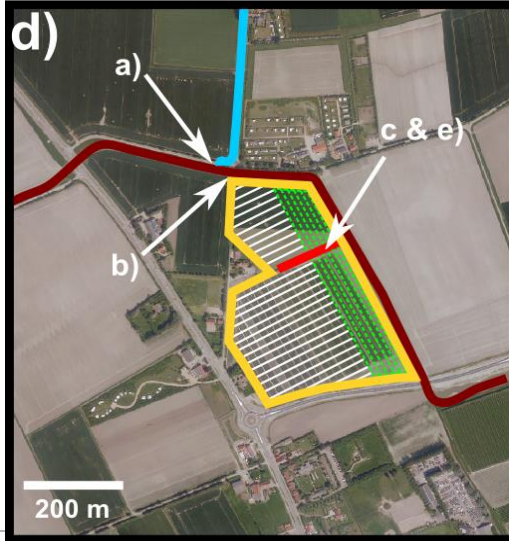
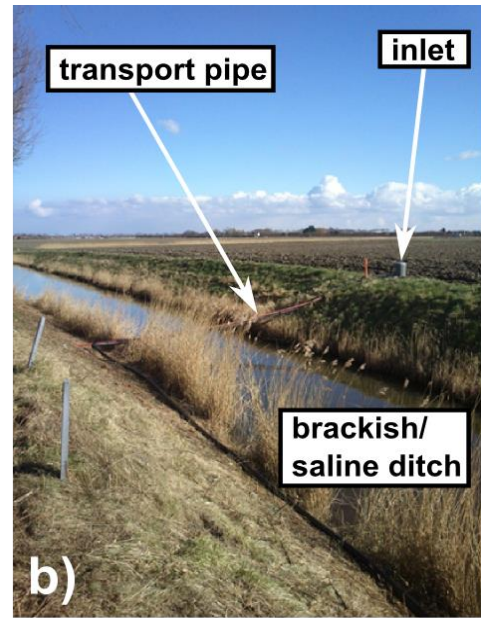
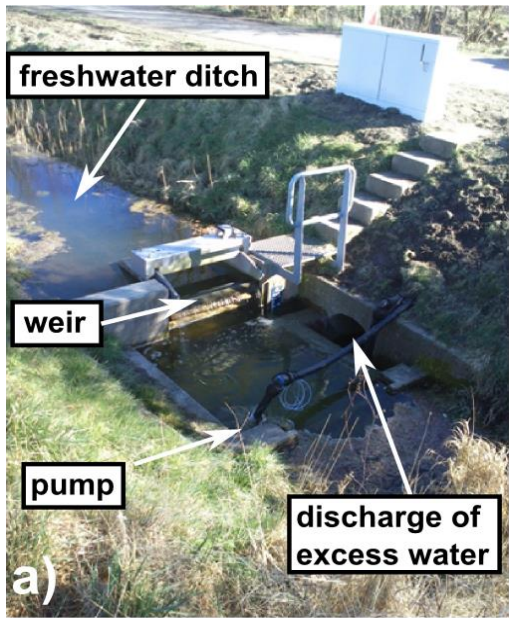


- verhogen drainagepeil
- infiltratie zoet oppervlaktewater



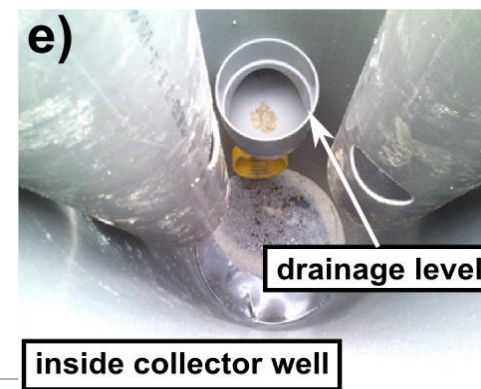


# Aanleg infrastructuur Kreekrug Infiltratie Systeem



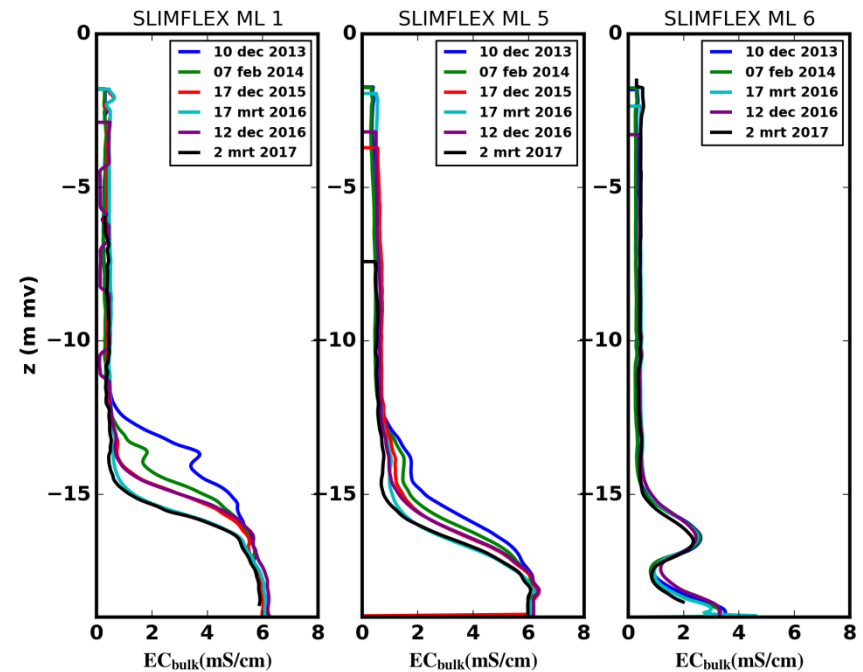
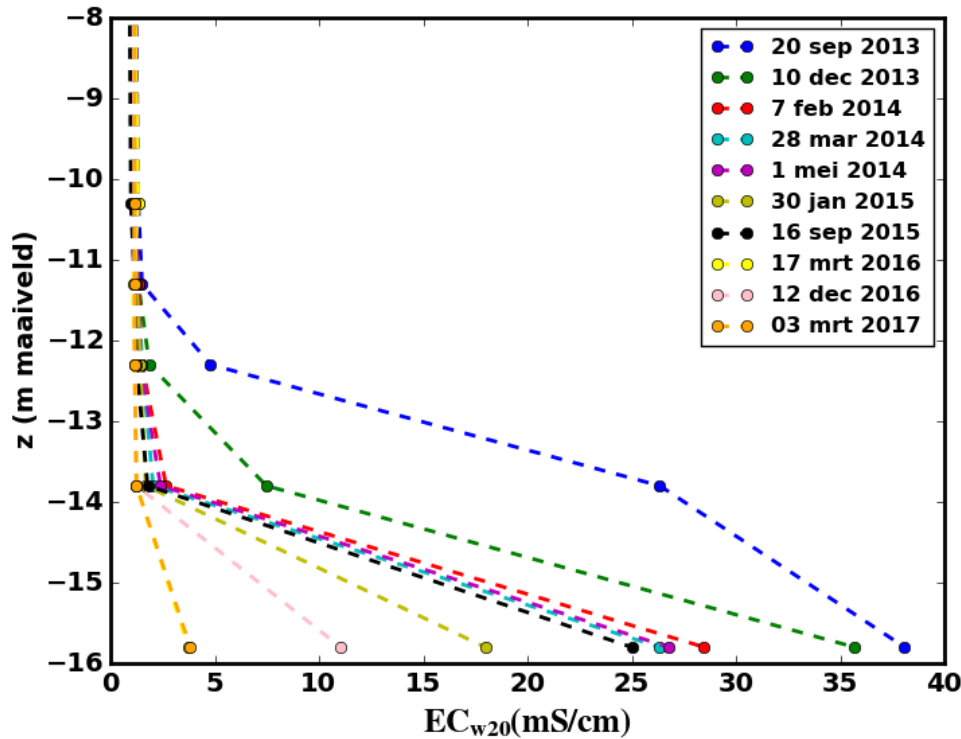
**legend**

- extent CARD system
- separating ditch & collector wells
- freshwater ditch
- brackish/saline water ditch
- artificial recharge
- controlled drainage



# Resultaten Kreekrug Infiltratie Systeem 2017

Vergroting zoetwaterlens 3-4 meter ~70000 m<sup>3</sup>



# Semantische wiki met calculator: kosten GO-FRESH systemen

Type:  Kreekrug  Freshmaker  Drains2buffer

Kreekrug

Afschrijftijd (jaren):

15

Oppervlakte (ha):

12

Rentevoet (1.02 = rente van 2%):

1.02

Gewenste hoeveelheid water (m<sup>3</sup>/jaar):

40000

## Minimale kosten Kreekrug

	totaal	€/ha	per m <sup>3</sup>
Startinvestering (min) (incl. btw):	35270	2939	
Jaarlijkse kosten:			
Aflossing	2351		
Rente	813		
Beheer en onderhoud	1640		
<b>Totale jaarlijkse kosten</b>	<b>4805</b>	<b>400</b>	<b>0.48</b>

## Maximale kosten Kreekrug

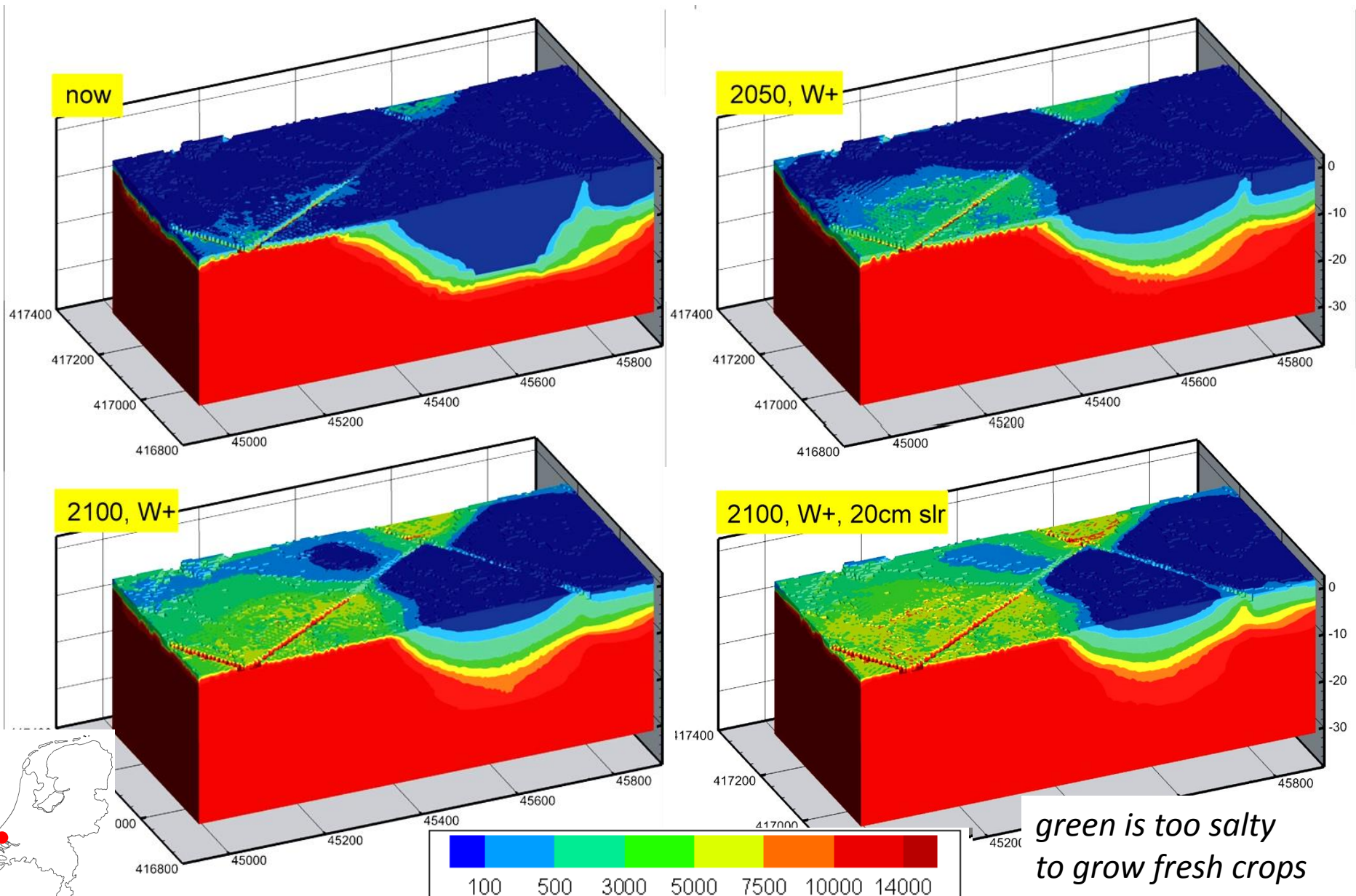
	totaal	€/ha	per m <sup>3</sup>
Startinvestering (max) (incl. btw):	59797	4983	
Jaarlijkse kosten:			
Aflossing	3986		
Rente	1379		
Beheer en onderhoud	1640		
<b>Totale jaarlijkse kosten</b>	<b>7005</b>	<b>584</b>	<b>0.7</b>

Voorlopige locatie wiki:

[https://www.projectenportfolio.nl/wiki/index.php/LC\\_00147](https://www.projectenportfolio.nl/wiki/index.php/LC_00147)

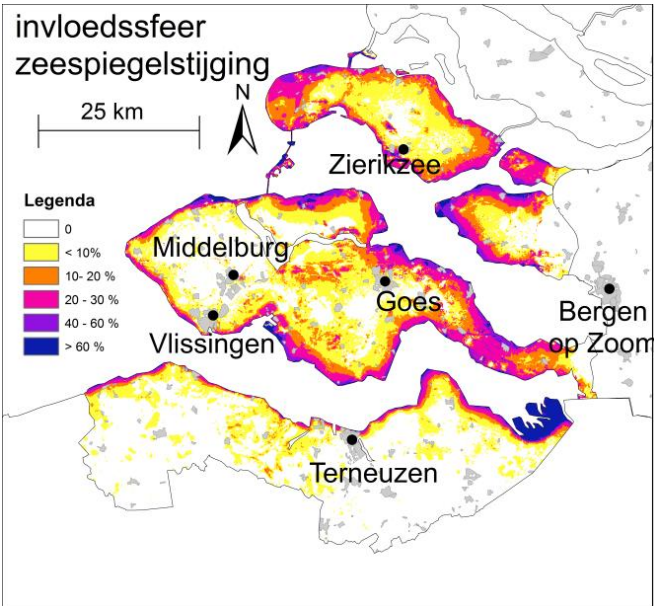
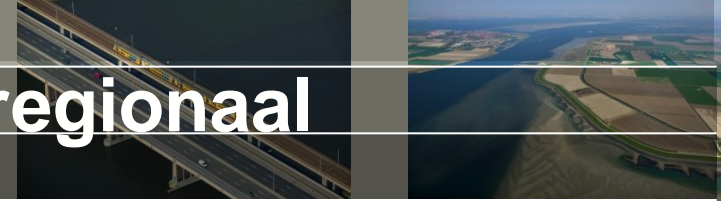
<http://195.93.238.49/wiki/gofresh/wiki/index.php/EMMSkinHome>

# Modelleren effecten droger klimaat en zeespiegelstijging op zoet-zout verdeling ondergrond, en indirect op gewasschade

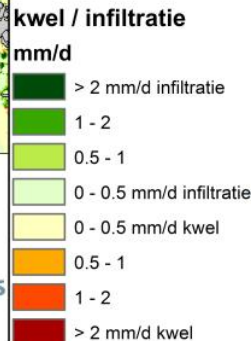
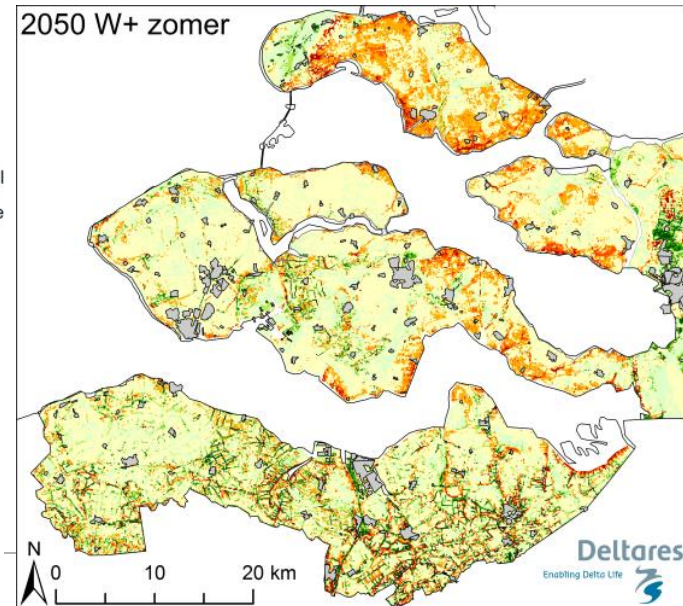
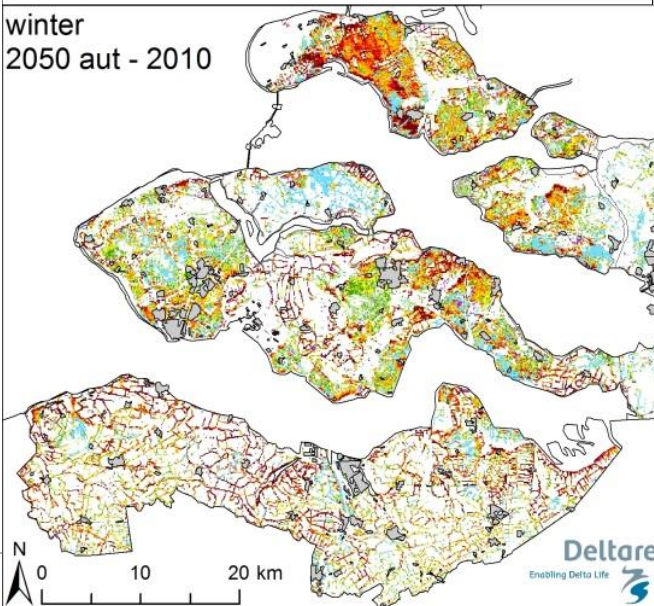


*green is too salty to grow fresh crops*

# Zeeland model: 3D zoet-zout regionaal



- Autonome verzilting
- Verandering in zoutvracht en kwel
- Invloedsfeer zeespiegelstijging beperkt



# Kansenkaarten GO-FRESH systemen

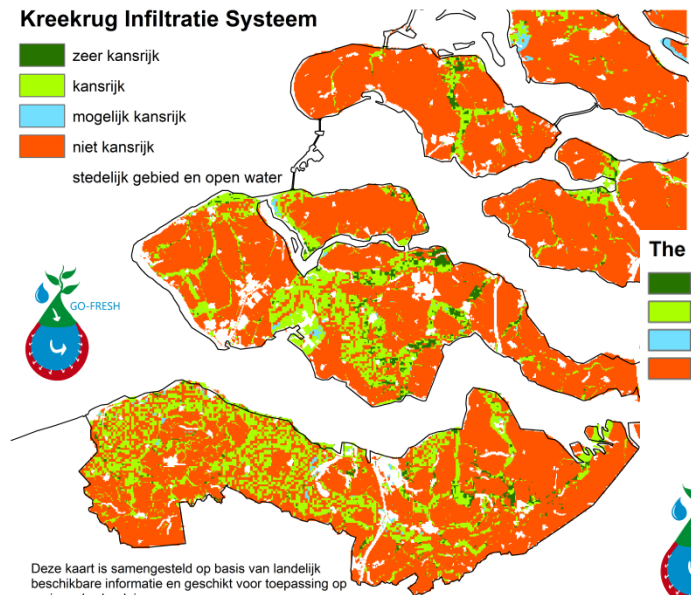
## Kreekrug Infiltratie Systeem

- zeer kansrijk
- kansrijk
- mogelijk kansrijk
- niet kansrijk

stedelijk gebied en open water



GO-FRESH



Deze kaart is samengesteld op basis van landelijk beschikbare informatie en geschikt voor toepassing op regionaal schaalniveau.

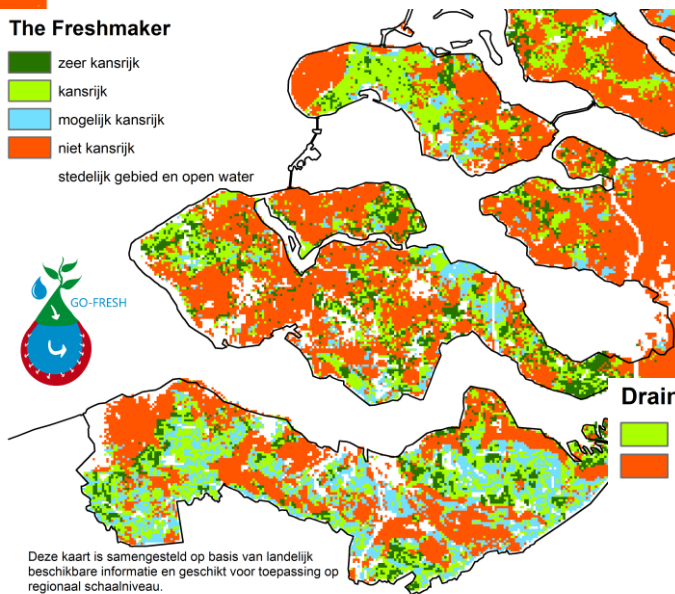
## The Freshmaker

- zeer kansrijk
- kansrijk
- mogelijk kansrijk
- niet kansrijk

stedelijk gebied en open water



GO-FRESH



Deze kaart is samengesteld op basis van landelijk beschikbare informatie en geschikt voor toepassing op regionaal schaalniveau.

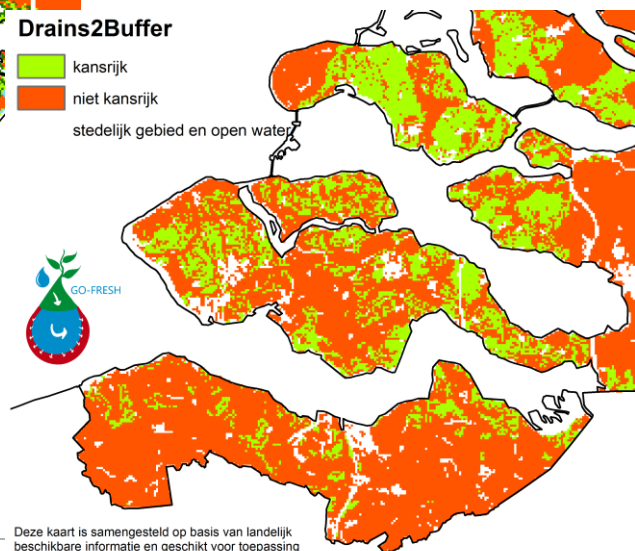
## Drains2Buffer

- kansrijk
- niet kansrijk

stedelijk gebied en open water



GO-FRESH

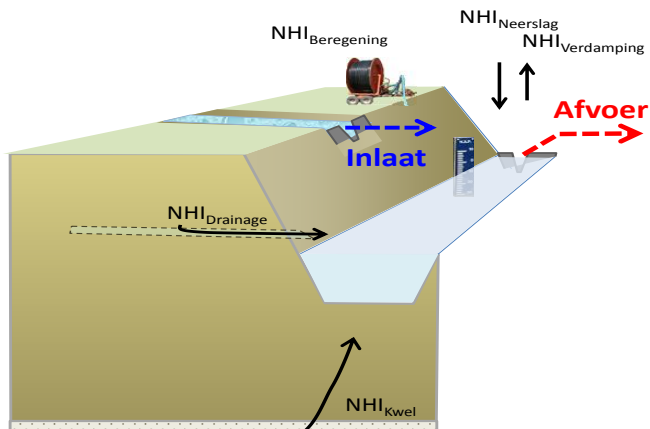


Deze kaart is samengesteld op basis van landelijk beschikbare informatie en geschikt voor toepassing op regionaal schaalniveau.

# Maatregelen €ureyeopener Zuidwestelijke delta

## 1. De Watervraag module

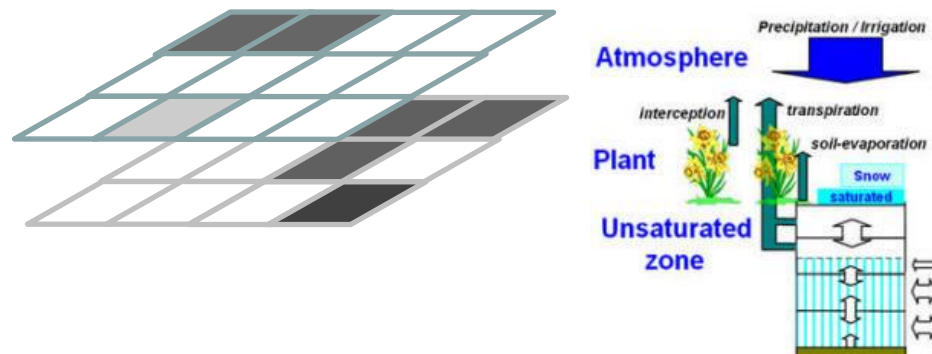
inlaat peilbeheer, doorspoelen, CI



Rekenformules water + zoutbalans  
Input NHI-balanstermen

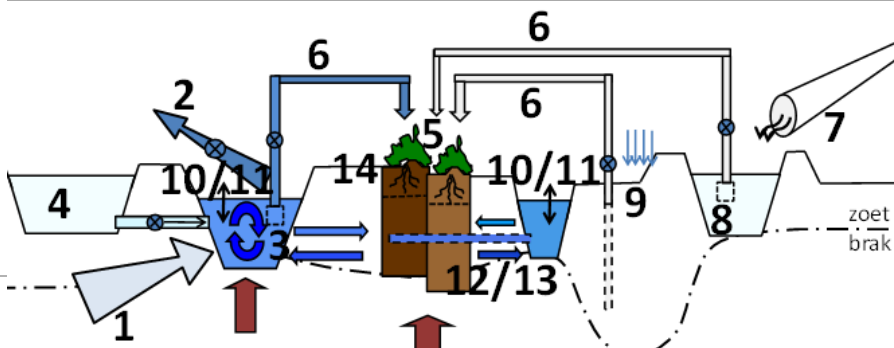
## 2. Landbouwschade module

zout, droogte en nat schade



Losse berekeningen SWAP en Agricom  
Tabellen output in spreadsheet  
Input bodemkaart, BRP en STONE

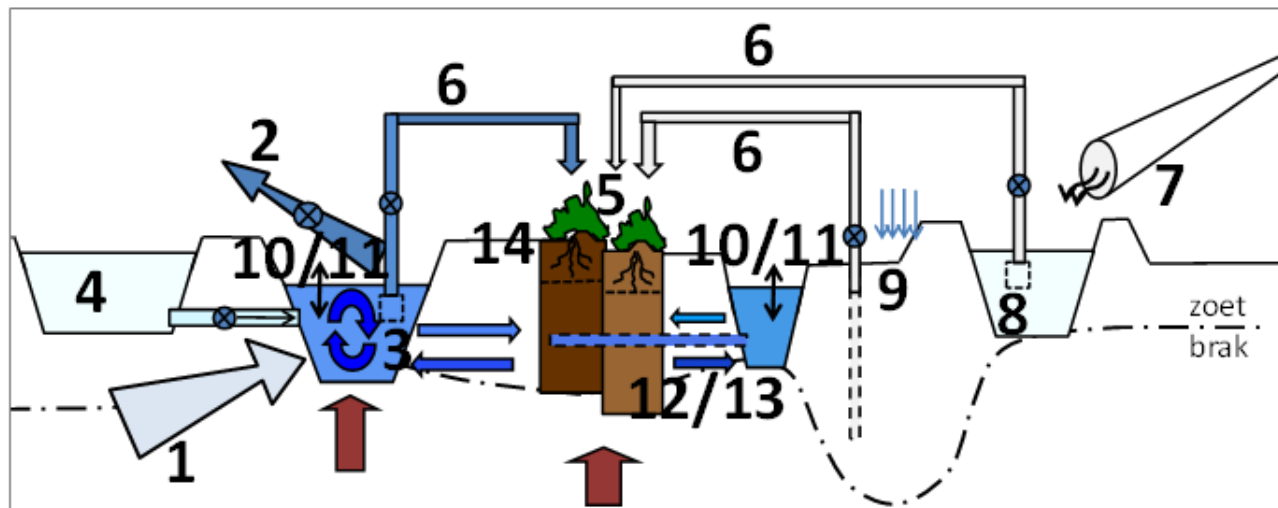
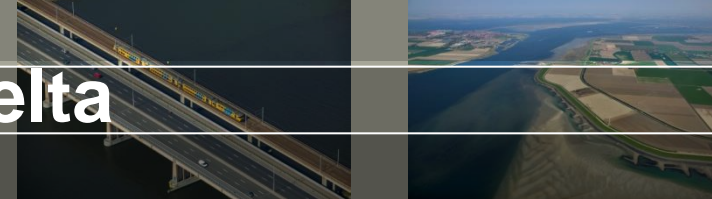
## 3. Maatregelen



## 4. Kosten en Baten

Kosten	Baten
<b>Vast landbouw (aanleg)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aanleg LOP-stuwen, lokale reservoirs, drainage en beregening.</li> <li>Transitie gewassen</li> </ul>	<b>Verhoging bruto opbrengst landbouw</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nat</li> <li>Droogte</li> <li>Zout</li> </ul>
<b>Variabel landbouw (exploitatie)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verbruik van pompen, pijplijnen, reservoirs, financiering</li> </ul>	
<b>Vast regionaal (aanleg)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aanpassing watersysteem (pijplijn, pompen, stuwen en doorspoelen)</li> </ul>	

# €ureyeopener Zuidwestelijke delta



- |  |   |
|--|---|
| 1. $\Delta$ chloride (Cl) concentratie inlaatwater               | 8. Aanleggen lokale bassins voor beregening               |
| 2. $\Delta$ streefwaarden Cl-concentratie in uitlaatwater        | 9. kreekrug infiltratie                                   |
| 3. Andere interne verdeling doorspoelen                          | 10. peilopzet /verhoging drainagebasis groeiseizoen 20 cm |
| 4. Inschakelen regionale oppervlaktewaterreservoirs              | 11. peilopzet /verhoging drainagebasis groeiseizoen 40 cm |
| 5. Efficiënter beregemen   | 12. Aanleggen peilgestuurde drainage                      |
| 6. Uitbreiding beregeningsareaal                                 | 13. Aanleggen peilgestuurde drainage                      |
| 7. Aanleg pijpleiding, al dan niet met bassins op bedrijfsniveau | 14. landgebruiksveranderingen                             |

## Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden

Vijf veelbelovende maatregelen rond zoetwaterbeheer geëvalueerd op effecten, kosten en baten



- 1 Doortrekken zoetwaterleiding voor de fruitteelt naar Walcheren
- 2 Peilen opzetten in polders
- 3 Meer regionale berging van grondwater
- 4 Beperking van irrigatieverliezen
- 5 Effectiever doorspoelen van polders





# Regioscan Zoetwatermaatregelen

Instrument om op regionale schaal effecten in te schatten van lokale (bedrijfsniveau) zoetwatermaatregelen:

- op zoetwatervraag
- kosten en baten
- neveneffecten,

Om de waterbeheerder te ondersteunen bij het verkennen van de kansrijkheid van bedrijfsmaatregelen voor de zoetwateropgave.



**Groen:** positieve kosten baten

**Rood:** negatieve kosten baten

# Evaluatie onttrekkingsregels

Algemene regels voor permanente grondwateronttrekkingen  
tbv berekening (betreft zoetwaterlenzen >15m dik):

$10 < Q < 60 \text{ m}^3$  per uur én

$Q < 3.000 \text{ m}^3$  per kwartaal én

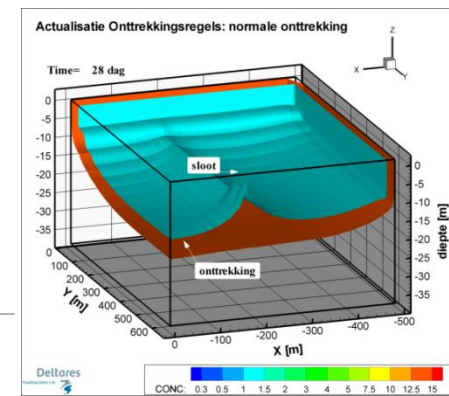
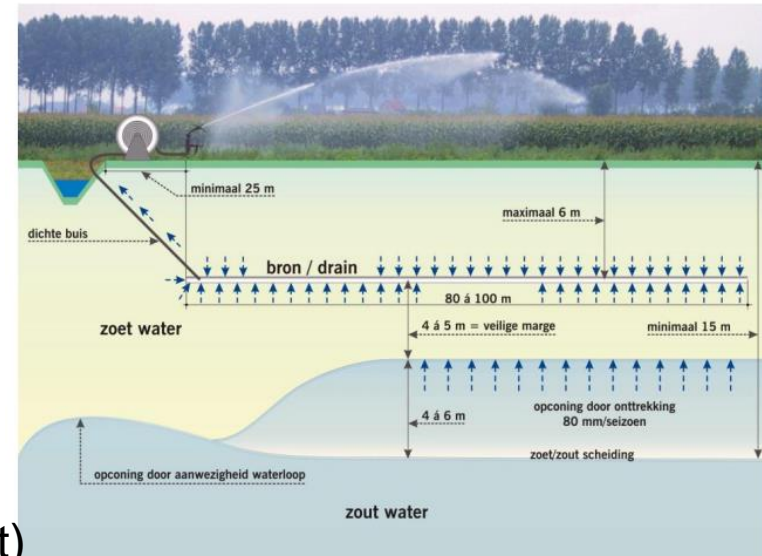
$Q < 8.000 \text{ m}^3$  per jaar

Analyse effecten:

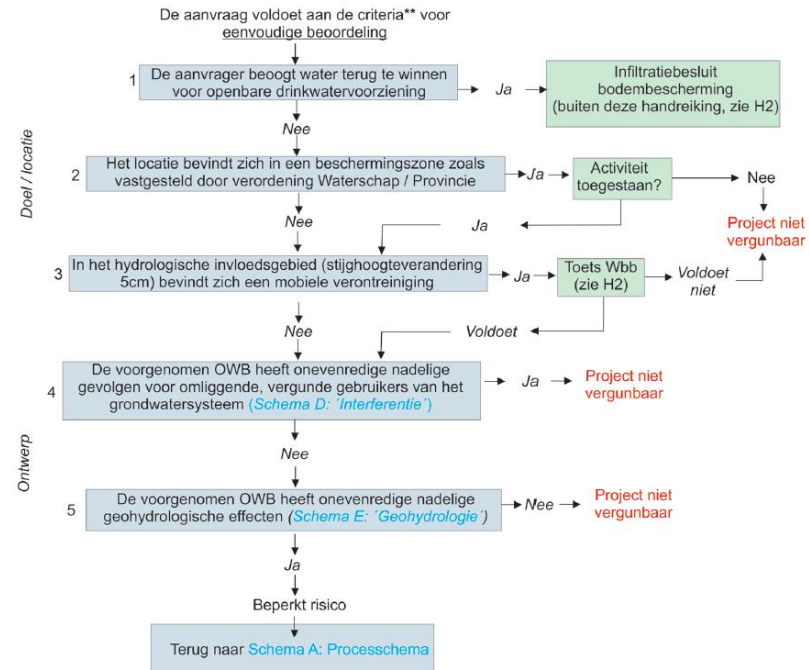
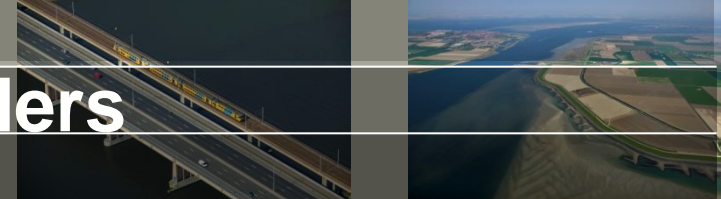
- Heterogeniteit van de ondergrond
- Klimaatverandering en zeespiegelstijging
- Zoetwatervoorzieningsmaatregelen
- Onttrekkingstypes en –configuraties
- Fysiogeografische kenmerken (dispersie, sloot)

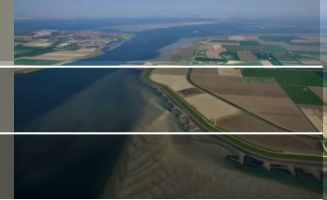
Enkele resultaten:

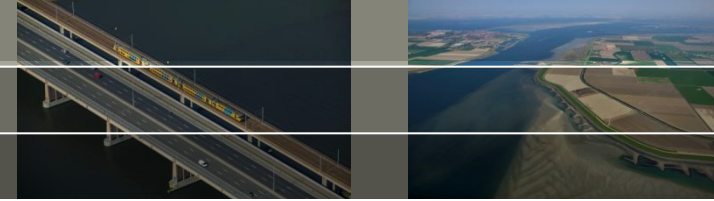
1. Regulier interen op zoetwatervoorraad ~5-10%
2. Laag debiet (maar zelfde volume): opkegeling grotere kans
3. Na 20 jaar wordt zoetwaterlimiet bij hoog debiet overschreden



# Regelgeving en afwegingskaders







Wat zijn kennisiaten in de Zeeuwse aanpak; wat is nog niet op orde?

Is de opvolging van projecten in de tijd optimaal?

Is de gepresenteerde kennis bruikbaar in andere regio's? En zo ja, welke onderdelen?

Wat doen andere regio's aan kennisontwikkeling op het thema zoetwater zelfvoorzienendheid?

Er is een wens voor kennistransfer? Hoe gaan we kennis delen?

# Op weg naar duurzame lokale zoetwatervoorziening

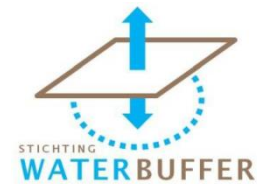
1. *Sense of urgency* zoetwaterproblematiek te Zeeland
  - Meten is weten
  - Modelleren effecten klimaatverandering en grondonttrekkingen
2. Onderzoek: watersysteem analyse, monitoring en modellering
3. Kartering zoet-zout verdeling in het grondwater (FRESHM)
4. Pilots ondergrondse zoetwaterberging (GO-FRESH)
5. Opschalingskansen in de regio voor agrariërs (semantische wiki) en overheid (o.a. Regioscan), incl. econ.haalbaarheid
6. Afwegingskaders en regulering
7. Communicatie en kennistransfer



# Met dank aan:



Deltacommissaris



Meeuwse handelsonderneming bv



**stowa**



# Refs naar rapportages en studies

1. Verzoeting en verzilting freatisch grondwater (monitoring, modellen): [link](#)  
De Louw, P.G.B. 2013. Saline seepage in deltaic areas. Preferential groundwater discharge through boils and interactions between thin rainwater lenses and upward saline seepage. PhD thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, ISBN/EAN 9789461085429. [Download PhD thesis](#), [article1](#), [article2](#)
2. Kennis voor Klimaat zoetwatervoorziening (onderzoek regenwaterlens)  
Pauw, P.S. 2015. Field and Model Investigations of Freshwater Lenses in Coastal Aquifers, PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, 168 pp. [Download PhD thesis](#), [article1](#), [article2](#)
3. Provincie dekkende zoet-zout kartering (FRESHM): [Link website](#)
4. Link: Ondergrondse waterberging in een drietal pilots (GO-FRESH)  
*Oude Essink, G.H.P., van Baaren, E.S., Zuurbier, K.G., Velstra, J., Veraart, J., Brouwer, W., Faneca Sánchez, M., Pauw, P.S., de Louw, P.G.B., Vreke, J., Schoevers, M. 2014. GO-FRESH: Valorisatie kansrijke oplossingen voor een robuuste zoetwatervoorziening, KvK 151/2014, ISBN EAN 978-94-92100-12-2, 84 p.*  
*Pauw, P.S., van Baaren, E.S., Visser, M., de Louw, P.G.B., Oude Essink, G.H.P. (2015). Increasing a freshwater lens below a creek ridge using a controlled artificial recharge and drainage system: a case study in the Netherlands. Hydrogeology Journal. doi:10.1007/s10040-015-1264-z*
5. Zoet-zout modellen: effecten klimaatverandering en grondwateronttrekkingen: [link](#)
6. Economische evaluatie van (lokale) maatregelen (€ureyeopener ZWD): [link](#), [rapport](#)
7. Kansen maatregelen ondergrondse wateropslag ([Regioscan](#), [FWOO](#))
8. Evaluatie en actualisatie van de bestaande onttrekkingsregels: volgt

**Gualbert Oude Essink**

Deltares/UU, The Netherlands

**More information:**

[www.go-fresh.info](http://www.go-fresh.info)

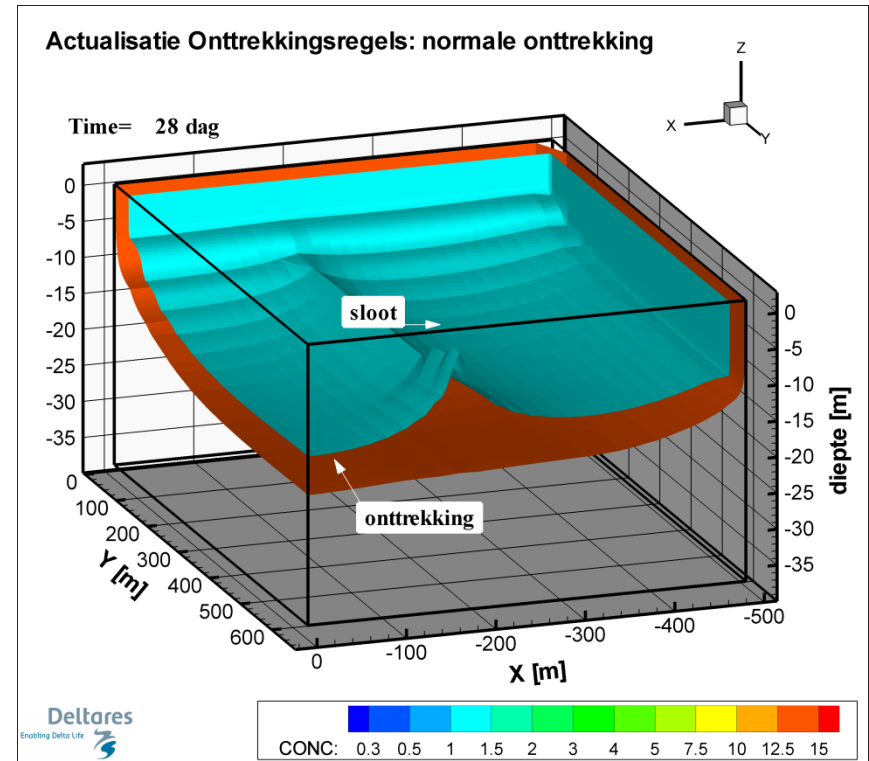
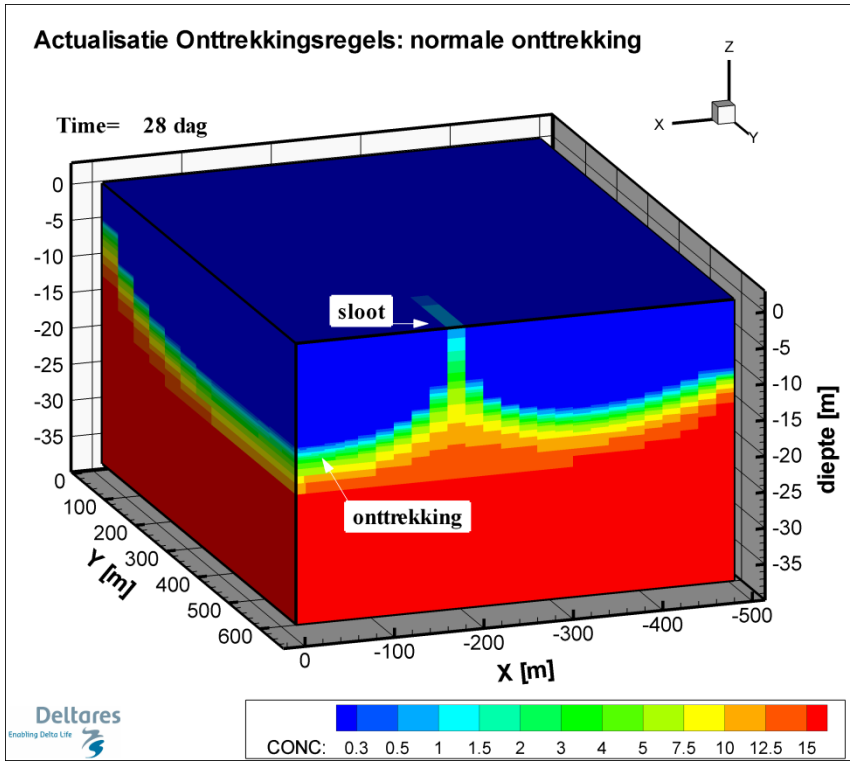


Universiteit Utrecht





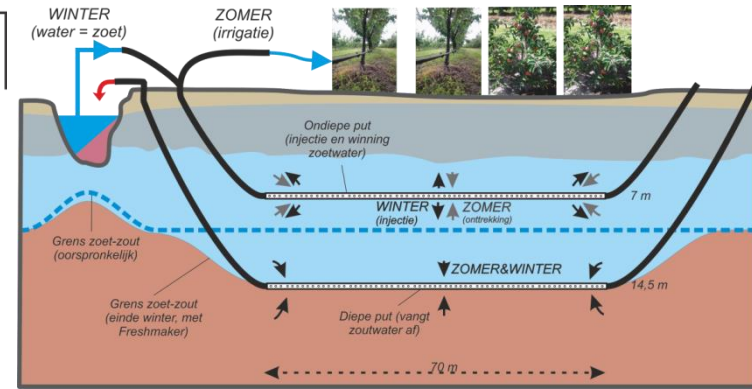
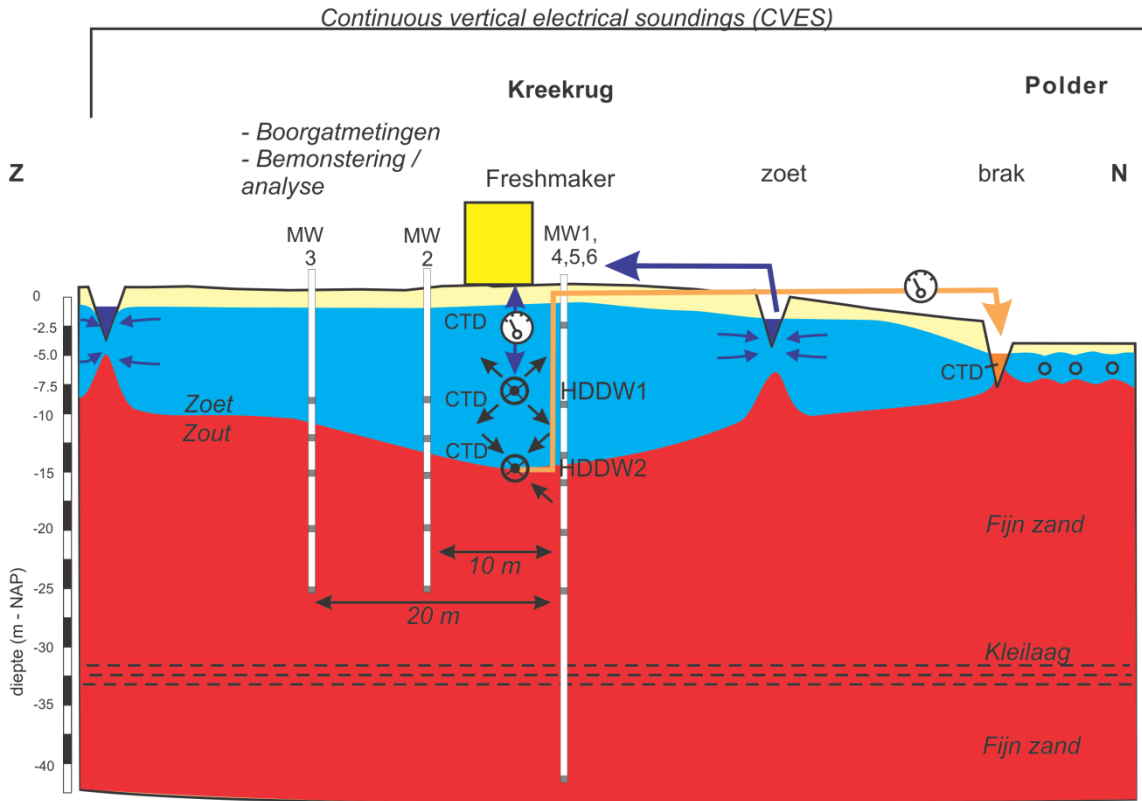
# Cl concentratie 'startmodel'; na $t = 200$ jaar



# Start opschalen showcases internationaal

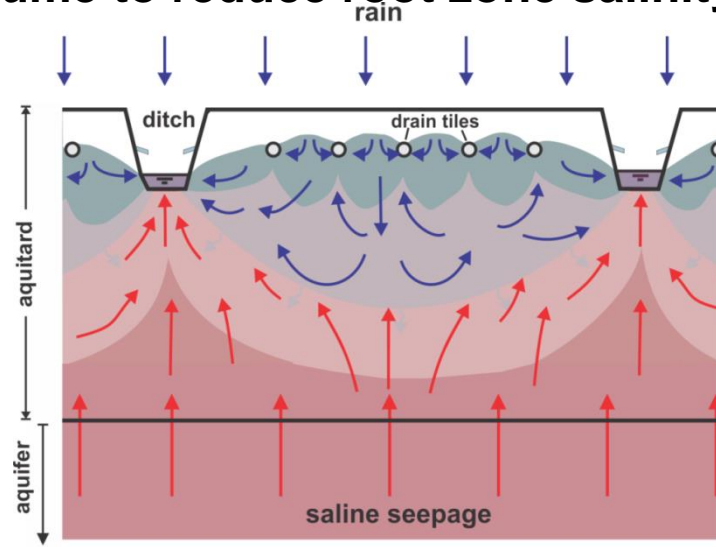


# The Principle of the FRESHMAKER (Zuurbier et al., 2014)

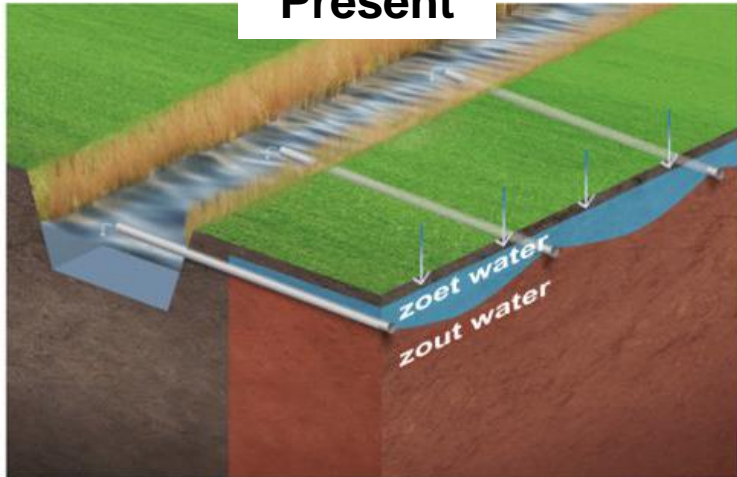


# Drains2Buffer

Increase rainwater lens volume to reduce root zone salinity



Present



Future

