

Verzilt oppervlaktewater in het Nederlandse kustgebied

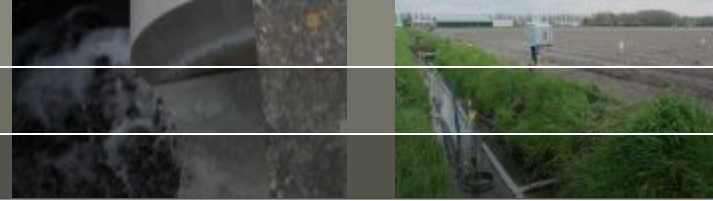
Joost Delsman
Deltares / VU Amsterdam

Presentatie Hollands Noorderkwartier, 9 december 2013

9 december 2013



Wie ben ik?



- Hydroloog bij Deltares
- RWS-RIZA, Deltares: (landelijke) zoetwatervoorziening
- Droogtestudie, NHI, Zoet-zout, DP Zoetwater, €ureyeopener...

- Promotieonderzoek VU (4d/week)
- Kennis voor Klimaat, thema 2: Climate Proof Fresh Water Supply
- 2010 – 2014
- “Adaptation to drought and salinization in the coupled groundwater – surface water system”
- Pieter Stuyfzand, Koos Groen en Gu Oude Essink
- Proefgebieden:
 - Perceel Zuidschermer
 - Peilvak Haarlemmermeer

De aanleiding...

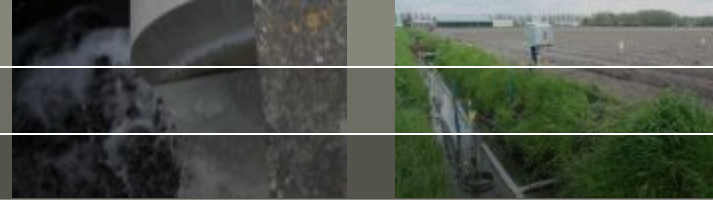


1V Joost Delsman
kennisinstituut Deltares



1V Luc Kohsiek
dijkgraaf Hollands Noord

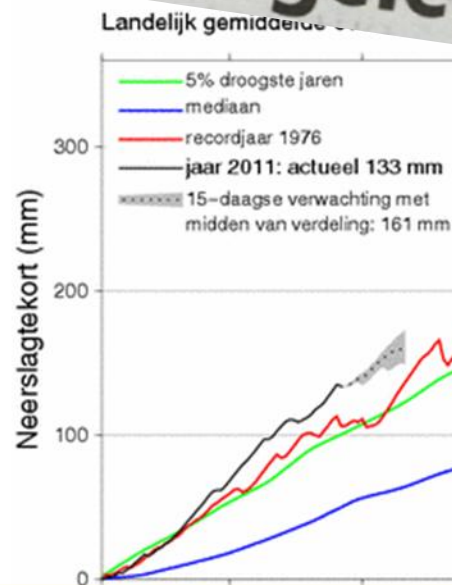
EenVandaag,
1 augustus 2013



- Achtergrond verzilting in Nederland
- Verziltingsonderzoek bij Deltares
- Mijn promotieonderzoek
 - Ontstaan zoet-zout verdeling ondergrond
 - Detailmetingen Schermer: hoe stroomt zout naar de sloten?
 - Metingen peilvak Haarlemmermeer: hoe verspreiden zout en inlaatwater zich?
 - €ureyeopener: afweging doorspoelen / zoutschade
- Discussie: relevantie resultaten

Droogte een probleem?

Maatregelen nodig tegen zoute kwel



DROOGTE HERSTELWERK AAN SCHEUREN IN DIJK



IV Joost Delsman
kennisinstituut Deltares

...bengemaakt, opgevuld en besproeid met water zodat de aarde zich kan hechten. Zie ook pagina 5. Foto Raymond Rutting / de Volkskrant

Watermanagementcentrum Nederland
Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling (LCW)

Droogtebericht

23 mei 2011 | Nummer 2011-07

[Home](#) > [Actueel](#) > [Droogte in Rijnland](#) > [Nieuwsberichten](#) > Extra aanvoer zoet water naar het westen door gemaal De Aanvoerder

Extra aanvoer zoet water naar het westen door gemaal De Aanvoerder

19 mei 2011

Ondanks de plaatselijke buien van de afgelopen dagen blijft de droogte in Nederland aanhouden en komt er onvoldoende rivierwater ons land binnen. Daarom nemen de hoogheemraadschappen van Rijnland en De Stichtse Rijnlanden maatregelen om verzilting tegen te gaan: de Kleinschalige Water Aanvoervoorzieningen Midden-Holland (KWA).

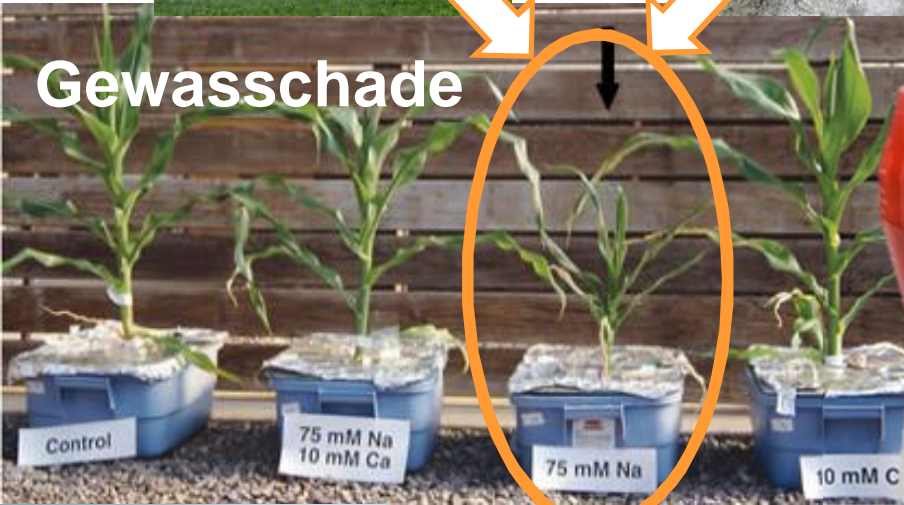
deltares

Waarom is verzilting een probleem?



Kwetsbare natuurwaarden

Gewasschade



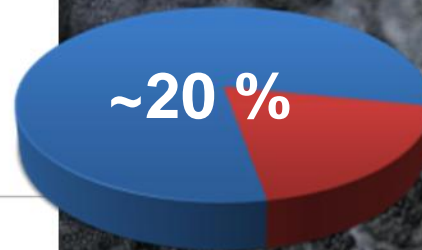
Doorspoelen
grote watervrager



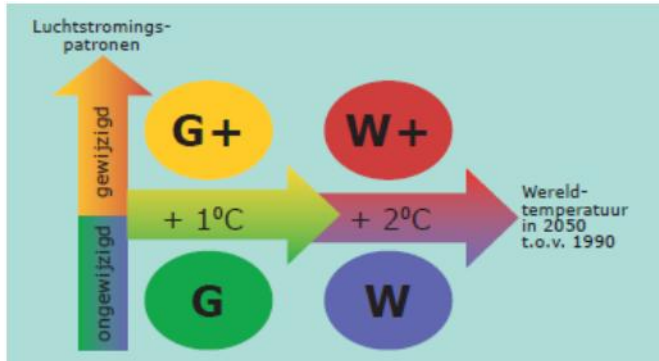
Drinkwater



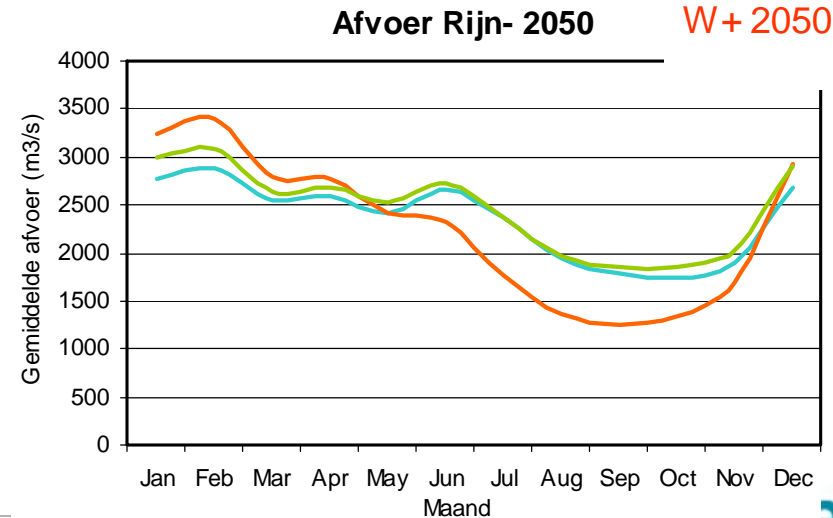
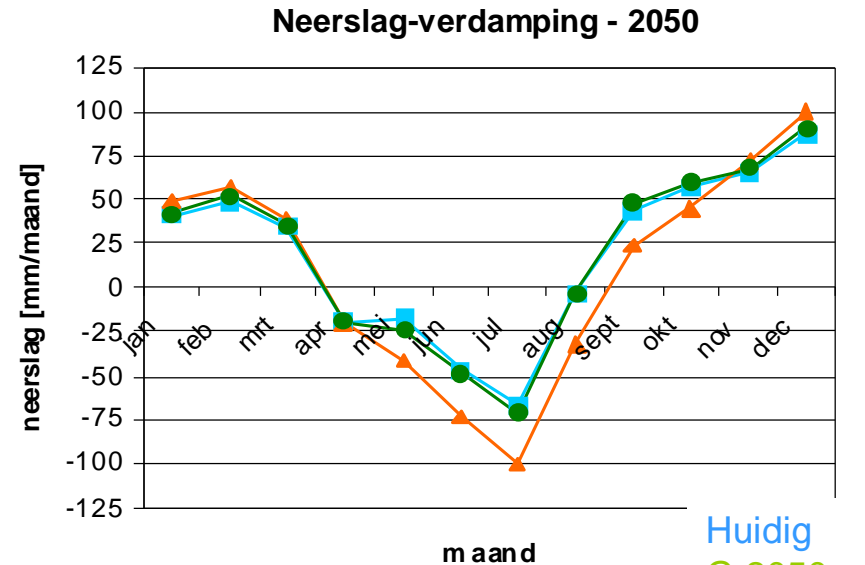
Infrastructuur



Toekomst: wat staat ons te wachten?

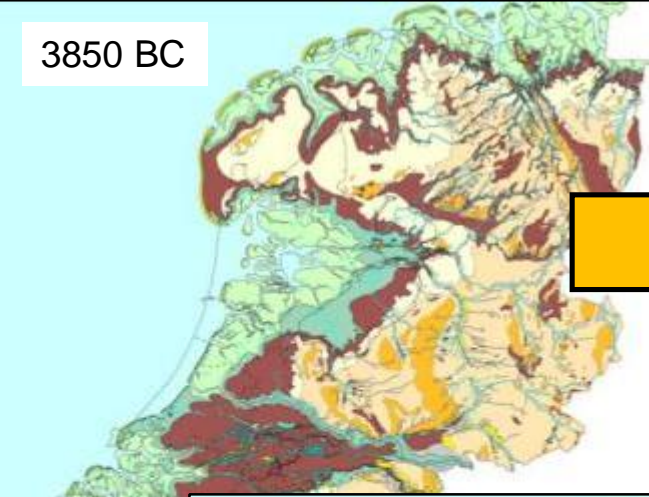


- Drogere zomers
- Toename zoute kwel
- meer watervraag
- Afname afvoer Rijn
- minder wateraanbod

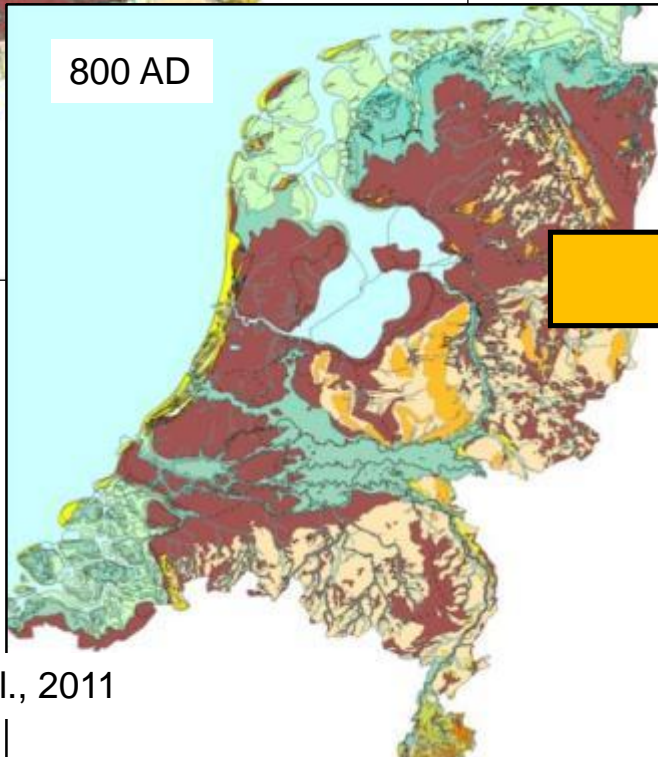


Verziltig uit grondwater

3850 BC

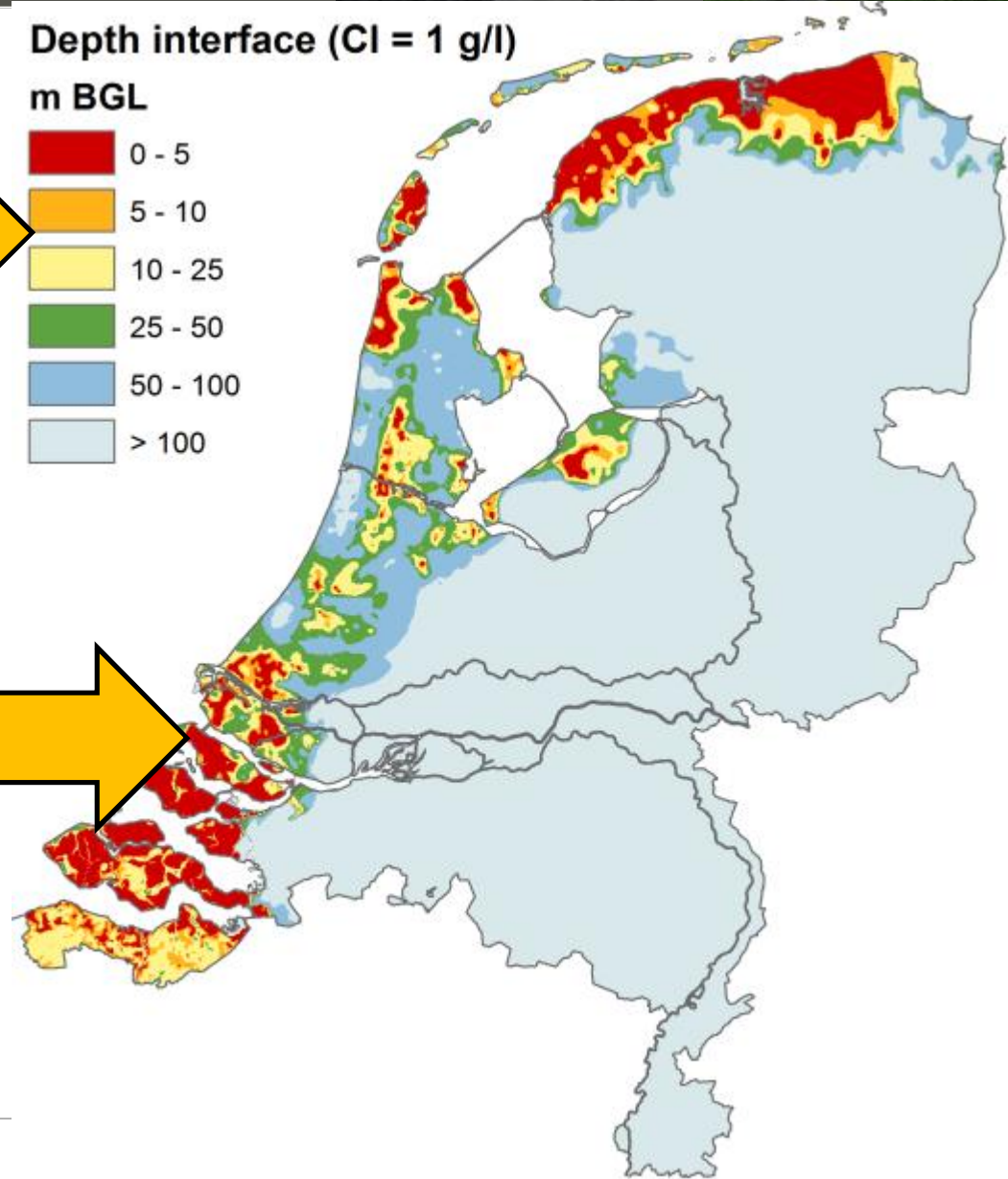
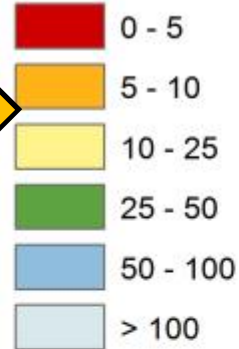


800 AD

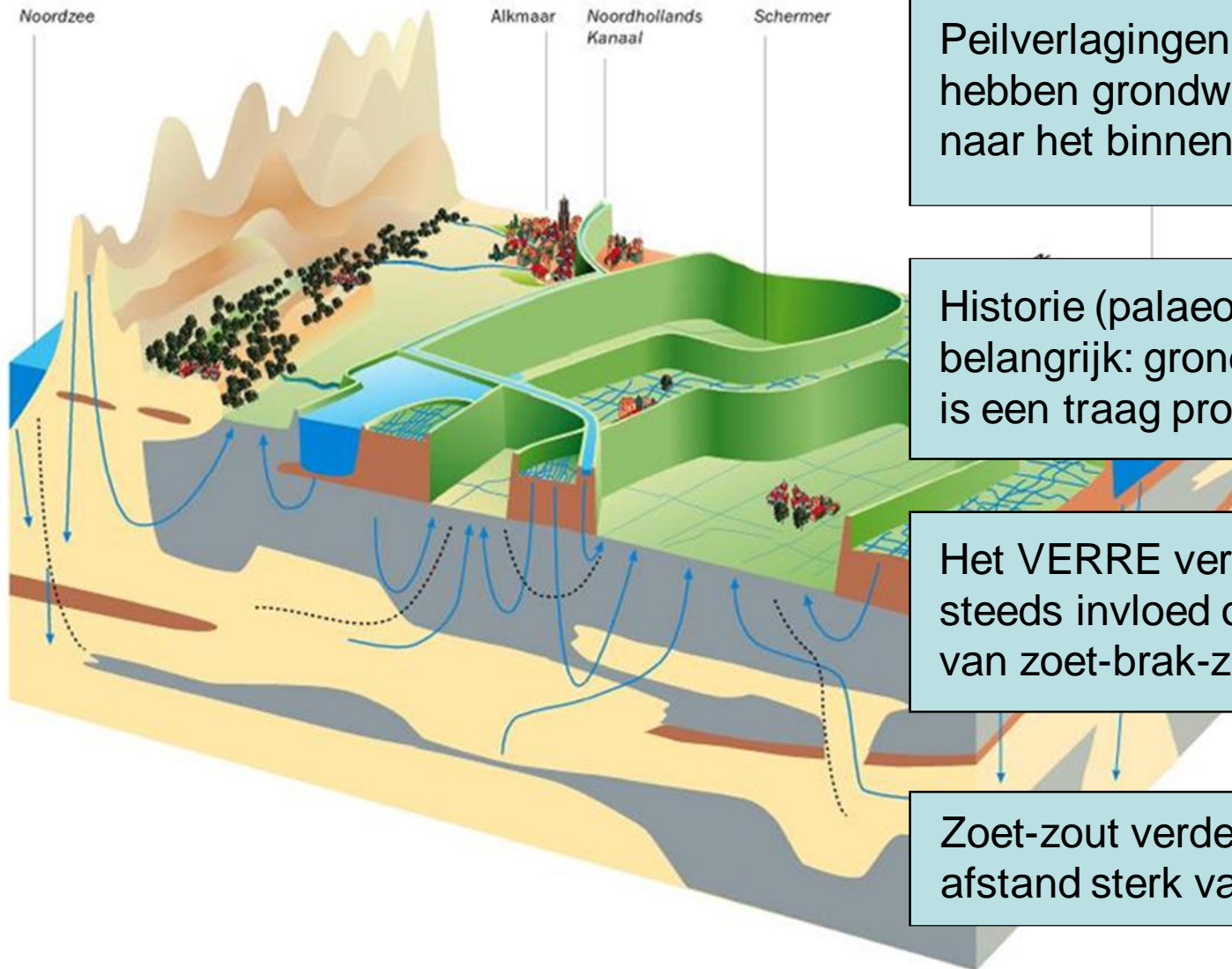


Depth interface (CI = 1 g/l)

m BGL



Het grondwatersysteem in Nederland



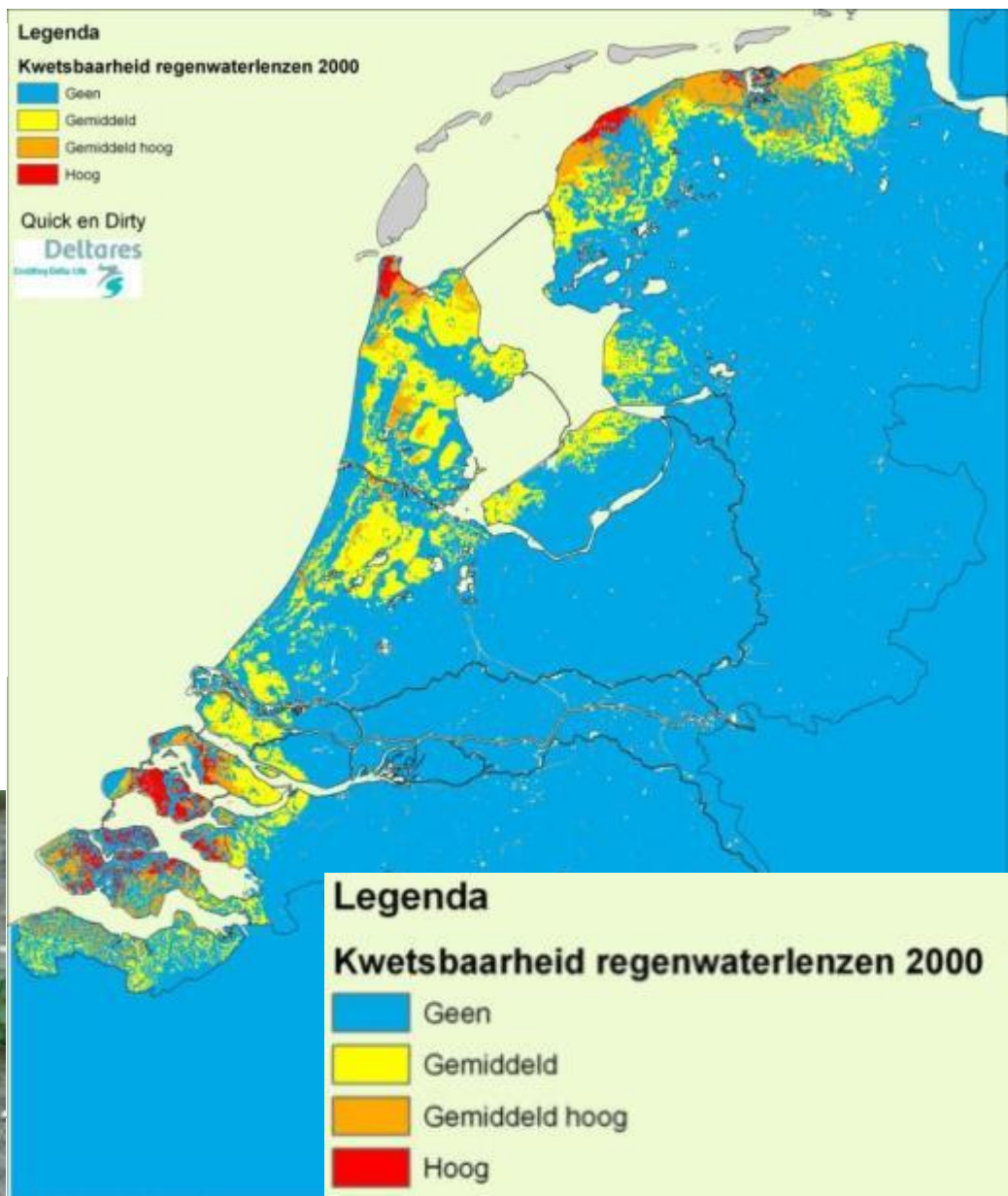
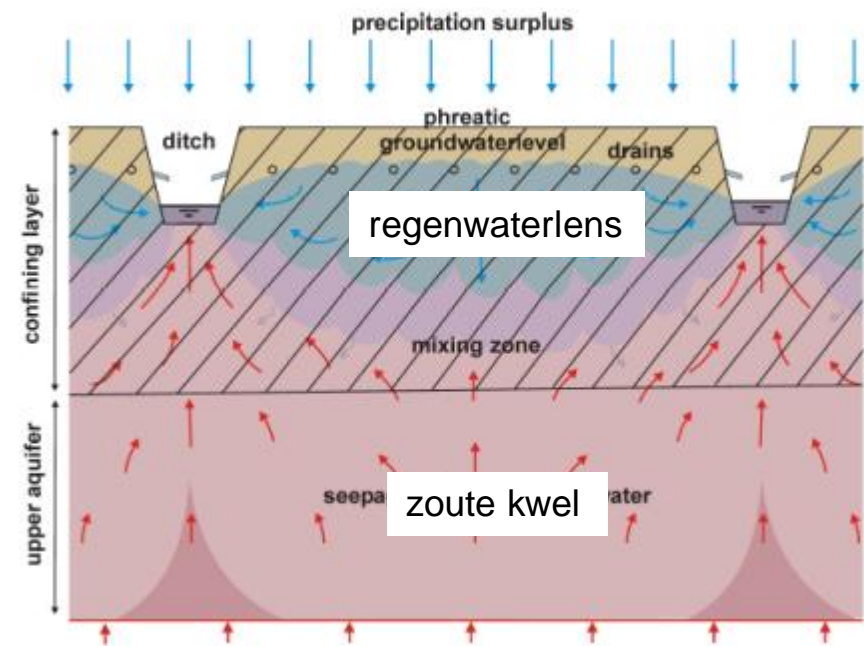
Peilverlagingen in het verleden hebben grondwaterstromingen naar het binnenland veroorzaakt

Historie (palaeohydrogeologie) belangrijk: grondwaterstroming is een traag proces

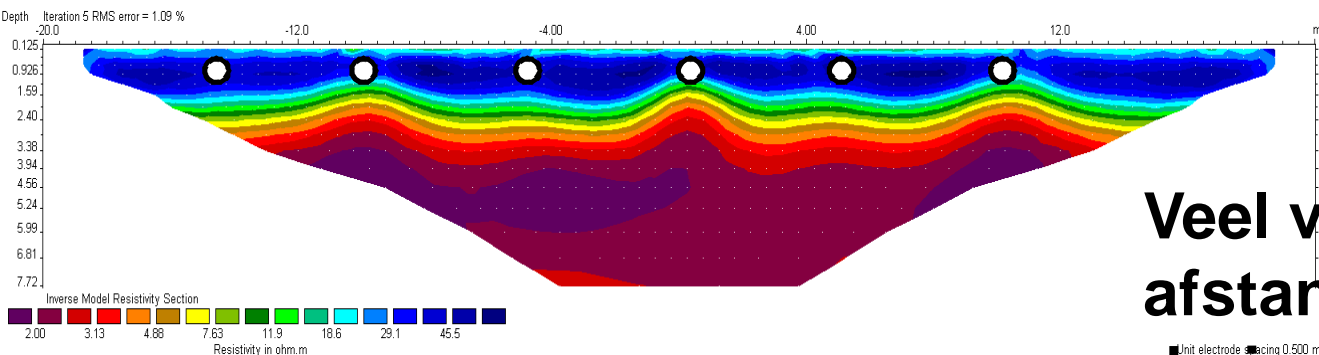
Het VERRE verleden heeft nog steeds invloed op de verdeling van zoet-brak-zout grondwater

Zoet-zout verdeling kan op korte afstand sterk variëren

Ondiep zout grondwater: regenwaterlenzen



Zout grondwater stroomt naar oppervlaktewater



Veel variatie op korte afstand, opkegeling bij drains, greppels, sloten

De Louw et al., 2011a HESS;
Velstra et al., 2011 IrrDr



Wellen verantwoordelijk voor 60% (Noordplas) of zelfs >80% (HMM pv9) van de zoutlast in diepe polders

De Louw et al., 2011b HESS;
Delsman et al., 2013 WRR

Verziltingsonderzoek bij Deltares

Doel: een slimmere (klimaat-)robuuste zoetwatervoorziening



Promotie Perry de Louw:

- Regenwaterlenzen
- Invloed wellen op verzilting

Lopende promotieonderzoeken:

Pieter Pauw (WUR)

- Zoetwaterberging

Joost Delsman (VU)

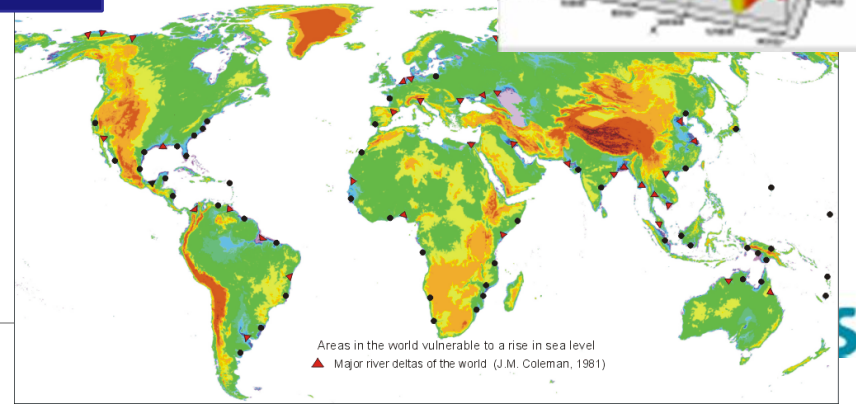
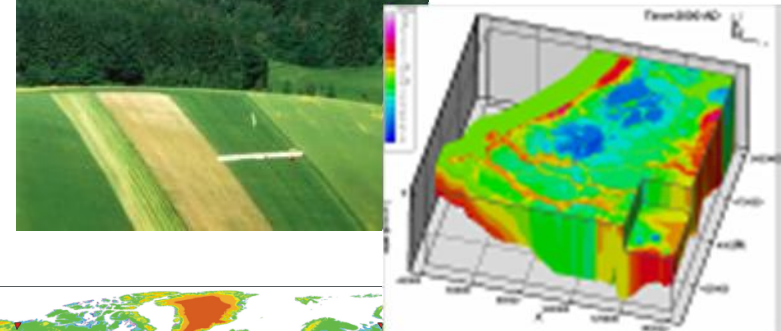
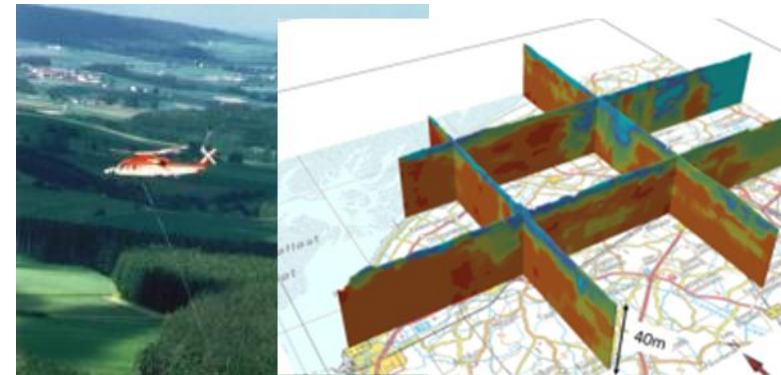
- Verzilting oppervlaktewater

Sebastian Huizer (UU)

- Invloed Zandmotor op grondwater

zoetzout.deltares.nl

Meten
Modelleren
Stakeholders
Internationaal
Oplossingen



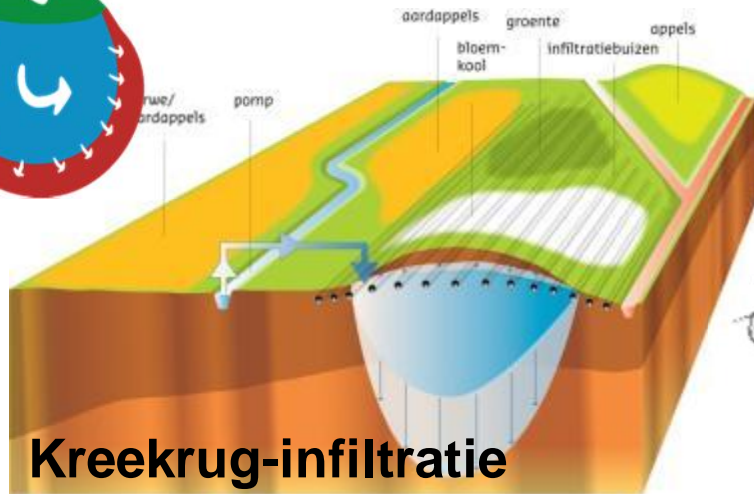
Oplossingen: vele kleintjes maken één grote

Waterhouderij



Drains2Buffer

KustLab



Kreekrug-infiltratie



De KREEKteRUG



Mijn promotieonderzoek: Verziltting oppervlaktewater in droge zomers

Schaalgroote Perceel
Schermer

Detailmeting
water- en zoutbalans sloot

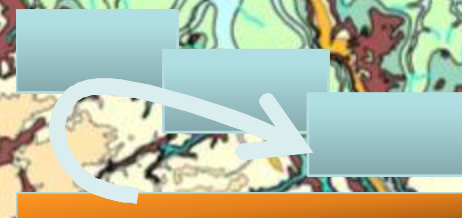
Schaalgroote Peilvak
Haarlemmermeer

Detailmeting
water- en zoutbalans


Schaalgroote Boezem
€ureyeopener

Afweging inlaat / schade

Palaeo-ontwikkeling zout grondwater



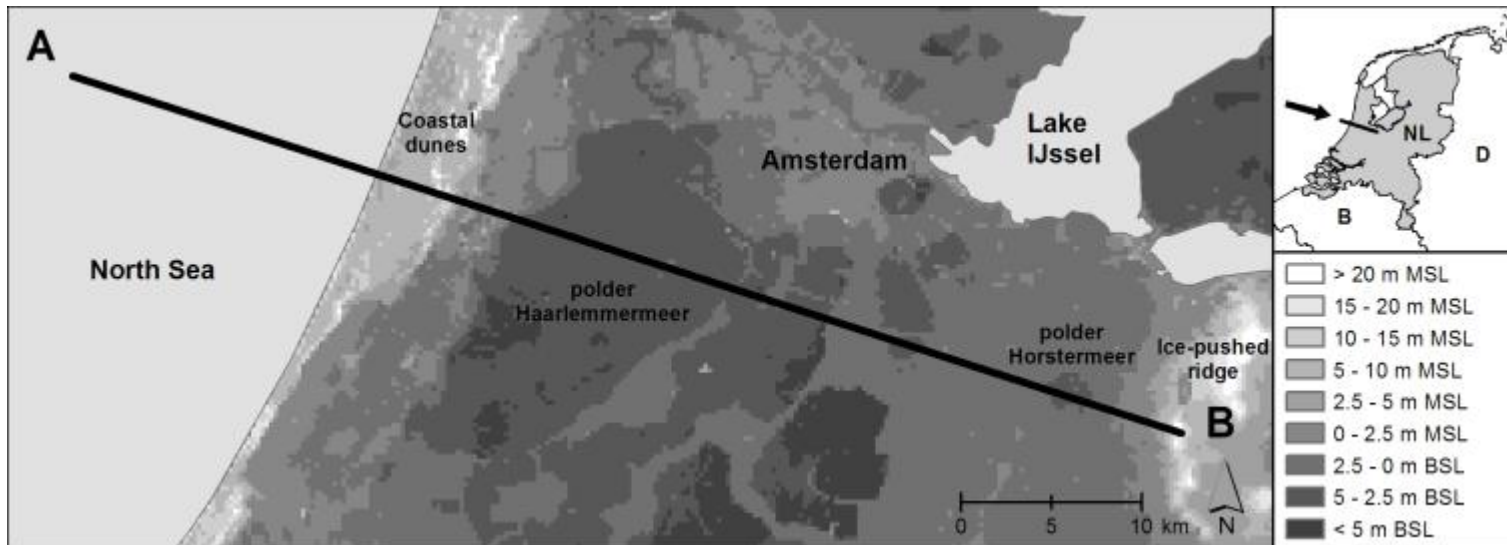
1. ONTSTAAN ZOUT GRONDWATER IN HOLOCEEN



Kunnen we huidige
zout in grondwater
‘voorspellen’ a.h.v.
geschiedenis?

Ontstaan zout onder Haarlemmermeer

- Model van profiel Zandvoort – Hoofddorp – Hilversum
- Palaeogeografische ontwikkeling (Vos et al, 2011)
- 6500 BC – 2010 AD
- Mariene transgressie
- Veenopbouw, veenaafbraak, drainage, droogmaking



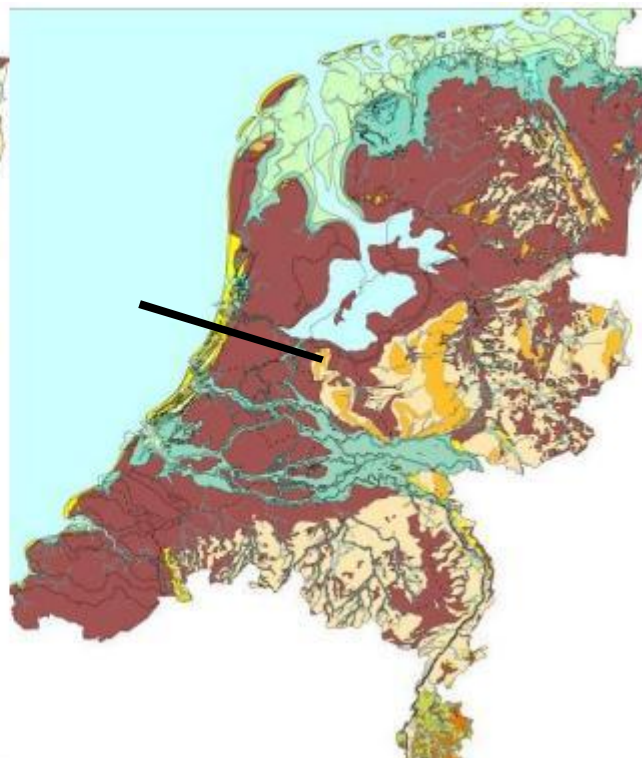
Palaeogeografische ontwikkeling

5500 v Chr



Maximale transgressie

100 n Chr



Veenopbouw

1850 n Chr



Droogmakerijen

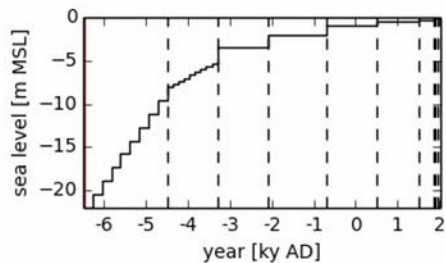
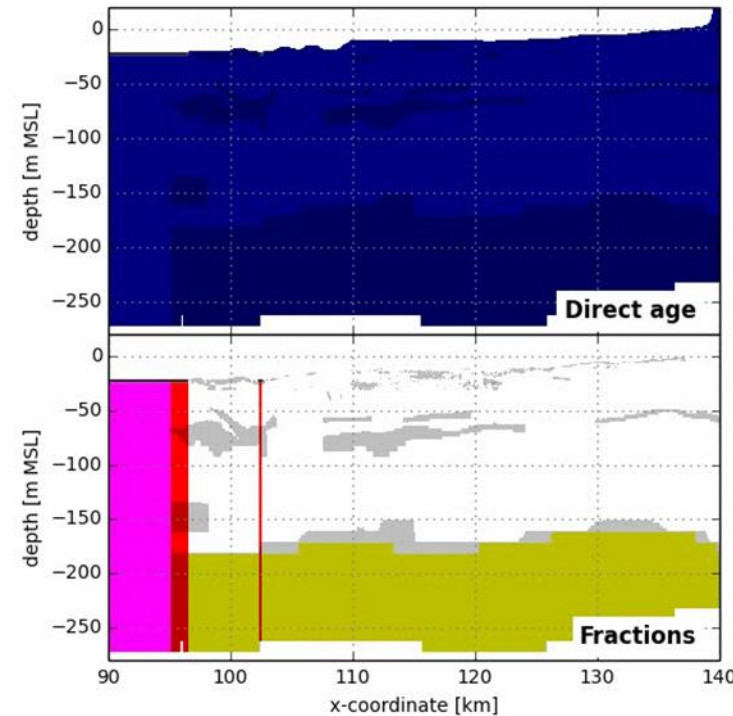
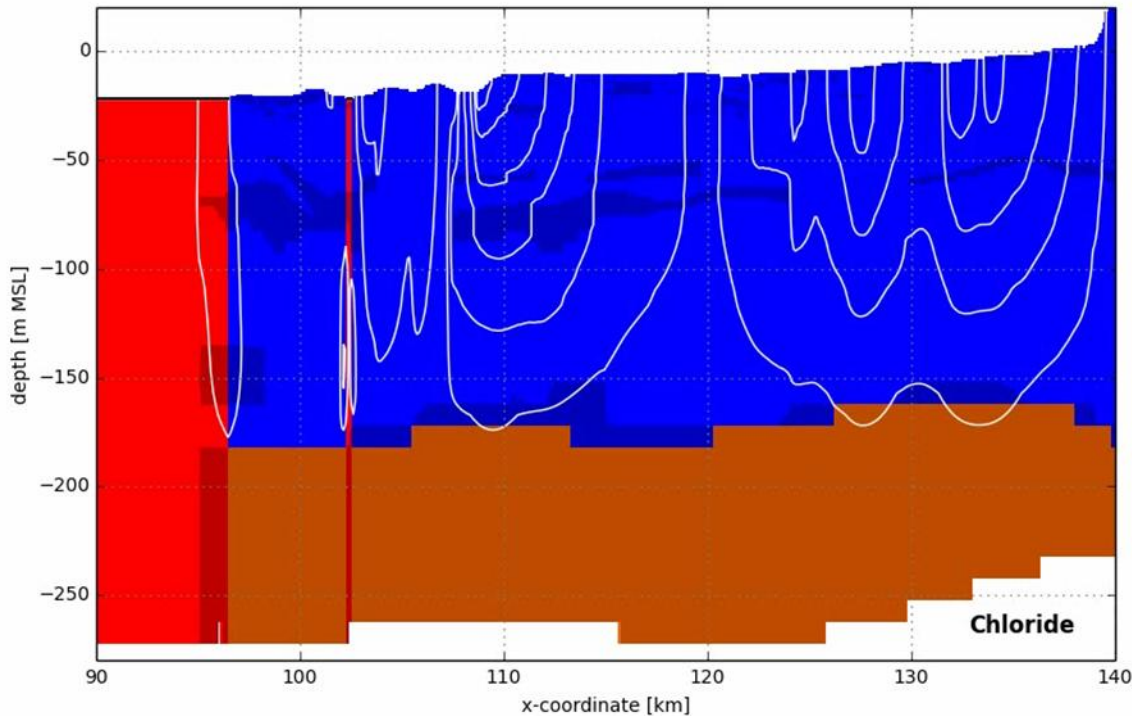
Atlas NL in het Holoceen (Vos et al, 2011)

Deltares

Ontwikkeling zout grondwater in Holoceen

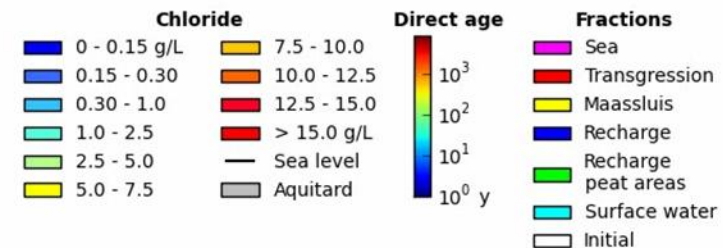
Supplementary information to Delsman et al., 2013. Palaeo-modeling of coastal salt water intrusion during the Holocene: an application to the Netherlands.

Model time: 6500 BC



Timeslice 1: 6500 BC - 4500 BC

- Sea level rise, linearly from 22 to 8 m BSL
- Maximum transgression extent reached
- Tidal area develops over Pleistocene surface, "basal" peat deposits left mostly intact
- Surface drainage

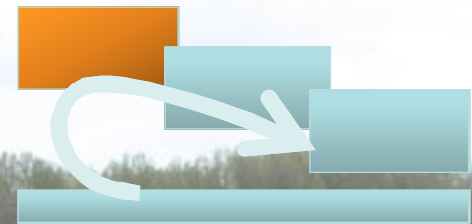


Delsman et al., HESSD, 2013

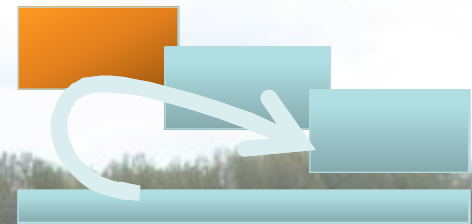


Ontwikkeling zout grondwater in Holoceen

- Lukt heel aardig om z-z-verdeling te ‘voorspellen’
- Zout onder Haarlemmermeer is zeewater dat 7000 jaar geleden is geïnfiltreerd
- Geschiedenis en ondergrond grote invloed op huidige zoet / zout verdeling
- Autonome verzilting gaat door, ook onafhankelijk van zeespiegelstijging / klimaatverandering
- → Aanknopingspunten betere inschatting z/z verdeling
- HHNK: redelijk vergelijkbare geschiedenis, behalve kop NH. Zoetwaterlens Hoorn. Andere ondergrond, geen heuvelrug, oudere droogmakerijen...?

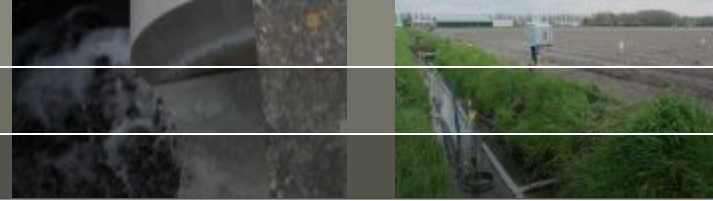


2. METINGEN SLOOT ZUIDSCHERMER



Hoe stroomt zout naar
een sloot?
en:
Waar blijft inlaatwater?

Meetopstelling

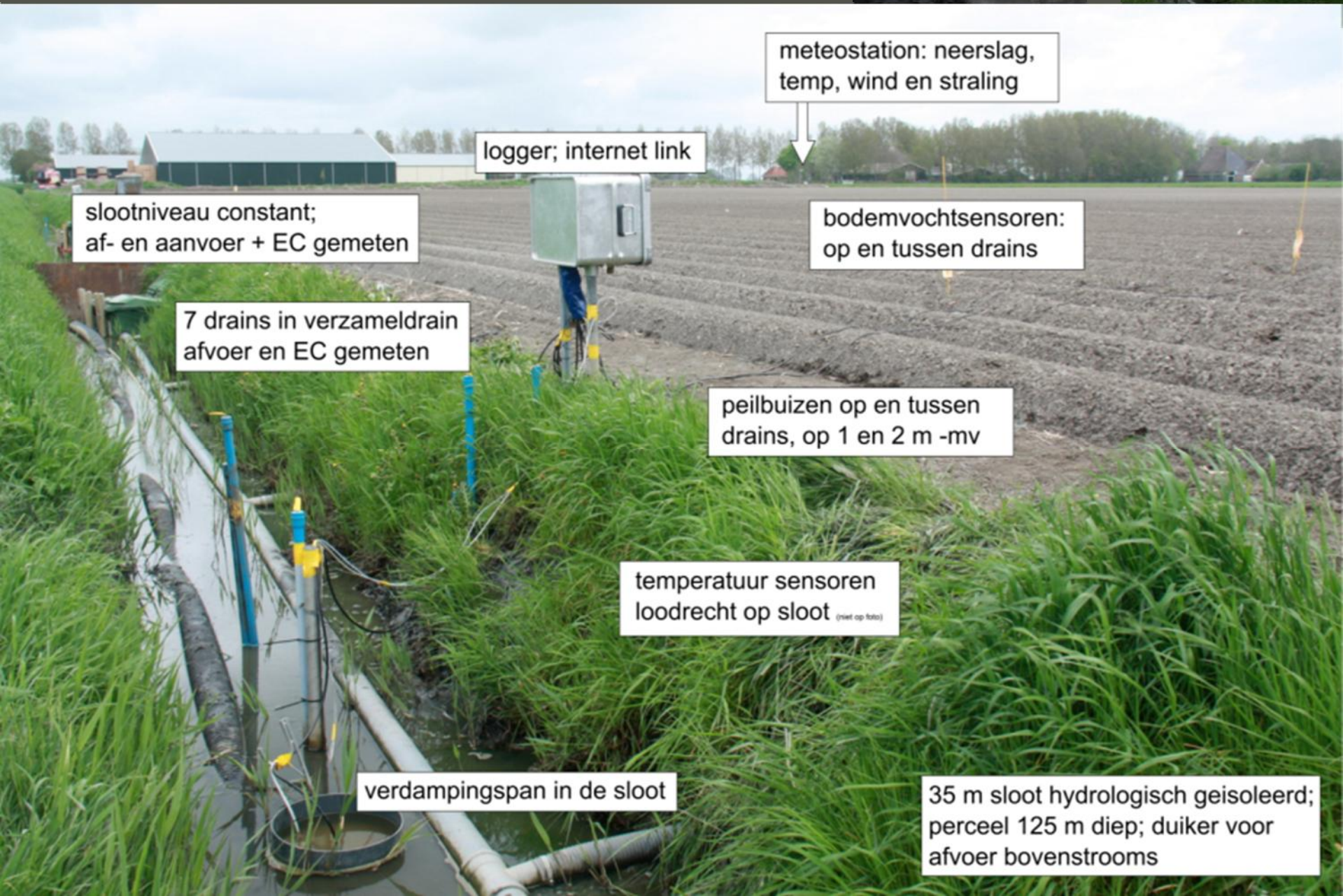


- Boekelerweg, Zuiderduin (perceel Ted Vaalburg)
- Juni 2012 – oktober 2013
- Direct meten water- en zoutbalans van sloot
- I.s.m. SKB project '*Alternatieve vormen van duurzaam bodemgebruik en waterbeheer door en voor agrariërs*'
- Trekker Acacia Water, HHNK medefinancier
- Onderzoek druppelirrigatie, peilgestuurde drainage, peilopzet in sloot
- (*niet in presentatie*)

De aanleg



Meetopstelling



meteostation: neerslag,
temp, wind en straling

logger; internet link

slootniveau constant;
af- en aanvoer + EC gemeten

bodemvochtsensoren:
op en tussen drains

7 drains in verzameldrain
afvoer en EC gemeten

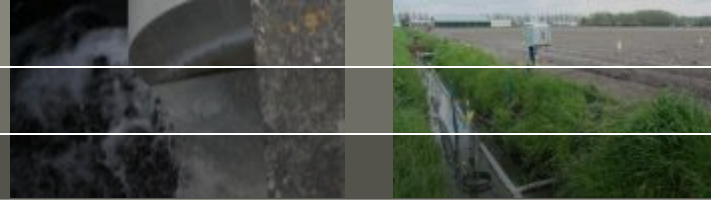
peilbuizen op en tussen
drains, op 1 en 2 m -mv

temperatuur sensoren
loodrecht op sloot (niet op foto)

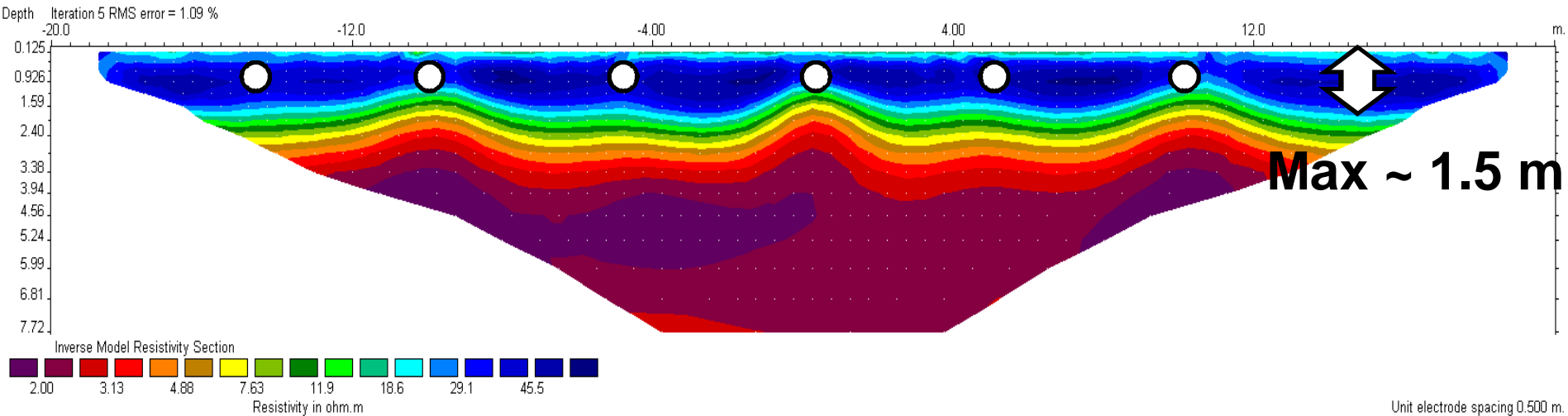
verdampingspan in de sloot

35 m sloot hydrologisch geïsoleerd;
perceel 125 m diep; duiker voor
afvoer bovenstrooms

In werking...



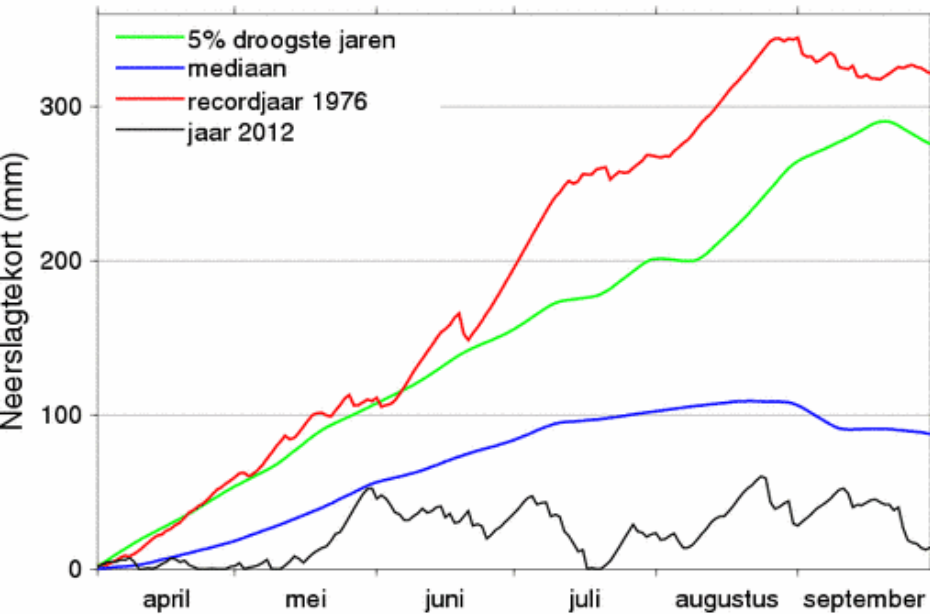
Zout grondwater onder perceel



Goede jaren om aan droogte te meten?

Neerslagtekort in Nederland in 2012

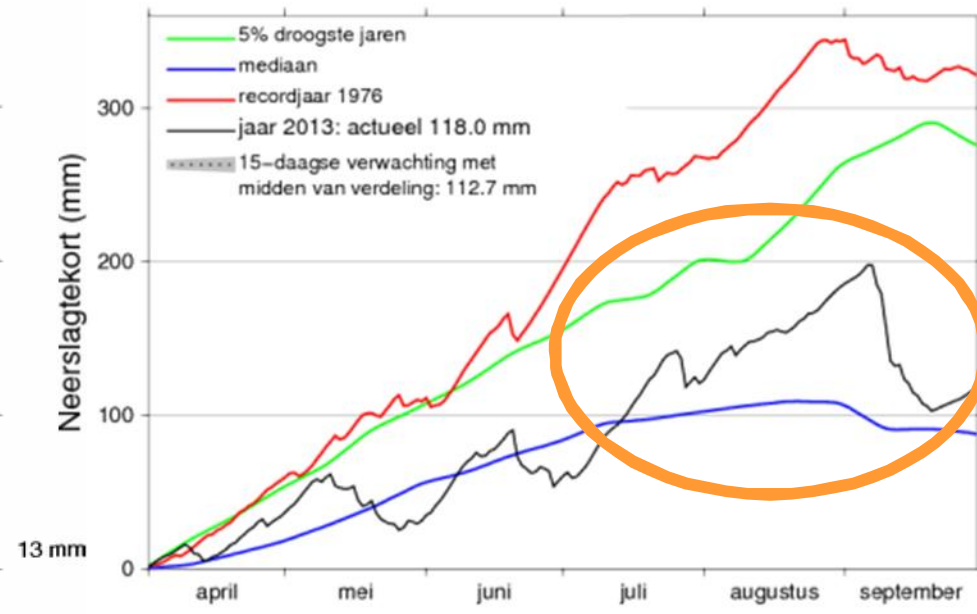
Landelijk gemiddelde over 13 stations



(c) KNMI, 2012-10-02

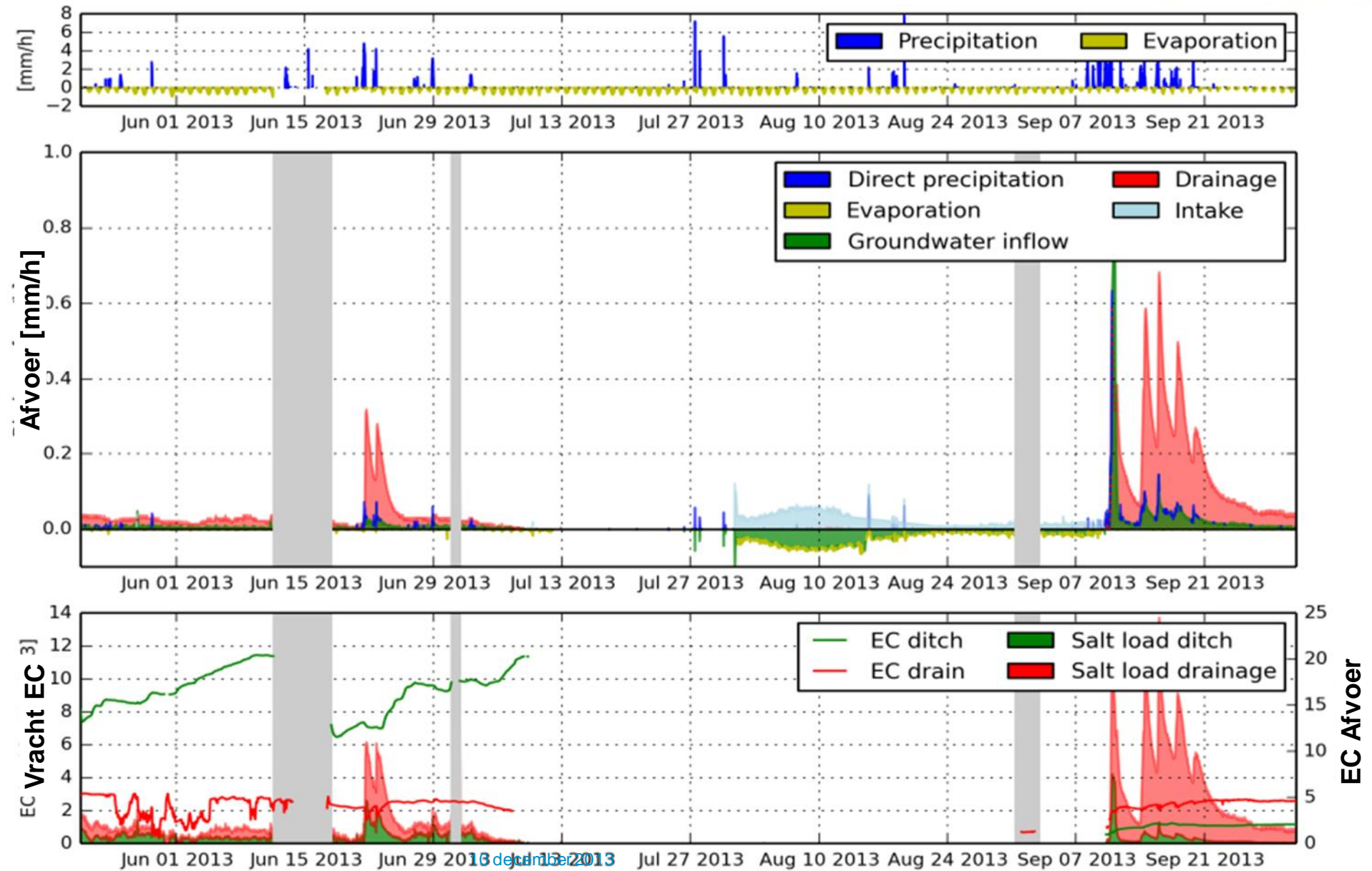
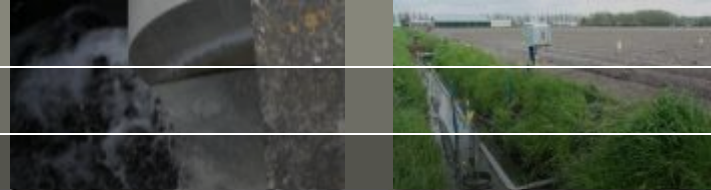
Neerslagtekort in Nederland in 2013

Landelijk gemiddelde over 13 stations

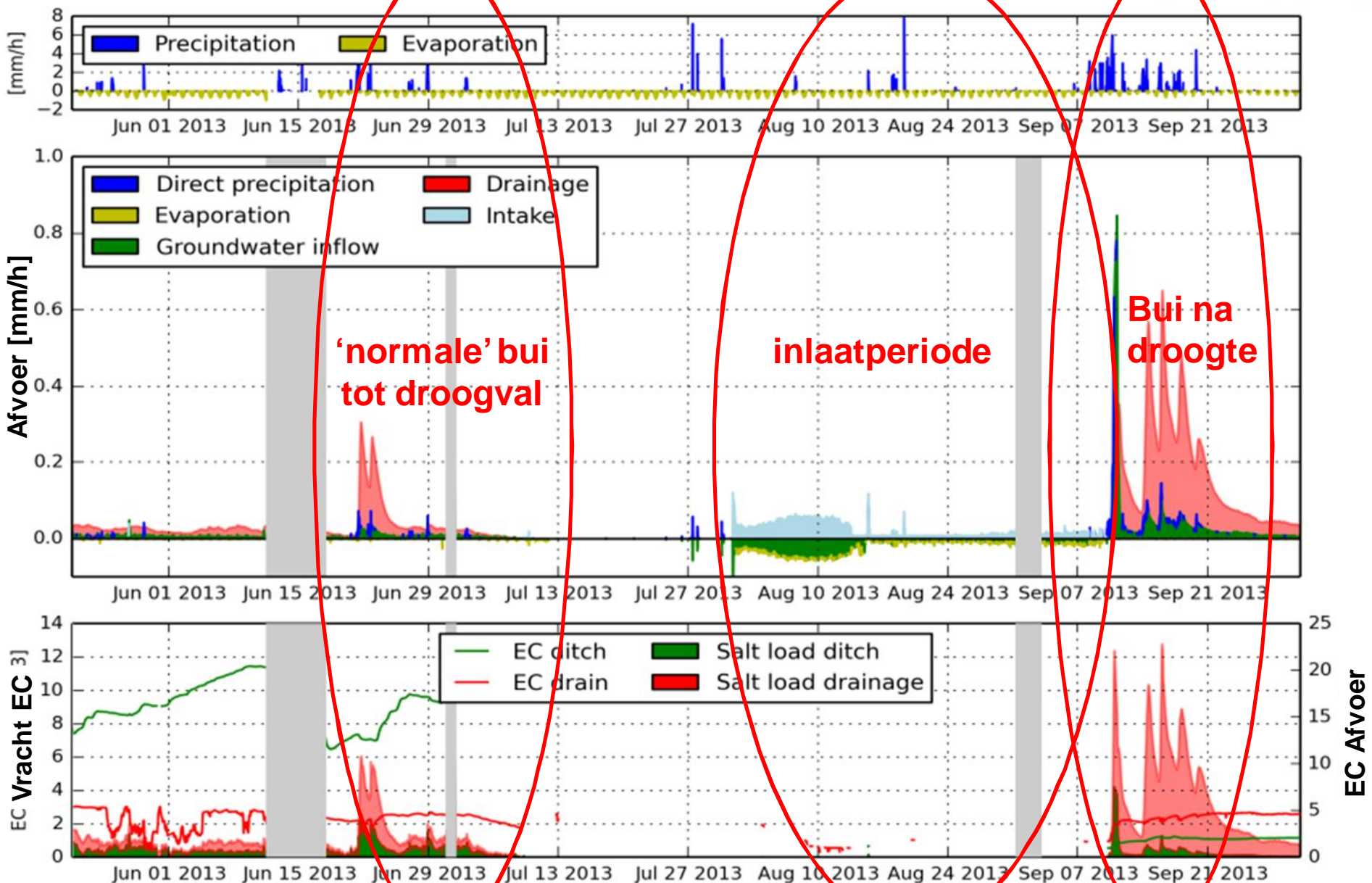
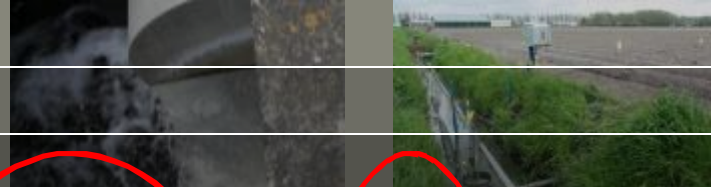


(c) KNMI, bijgewerkt 2013-09-30, 17:20 uur lokale tijd

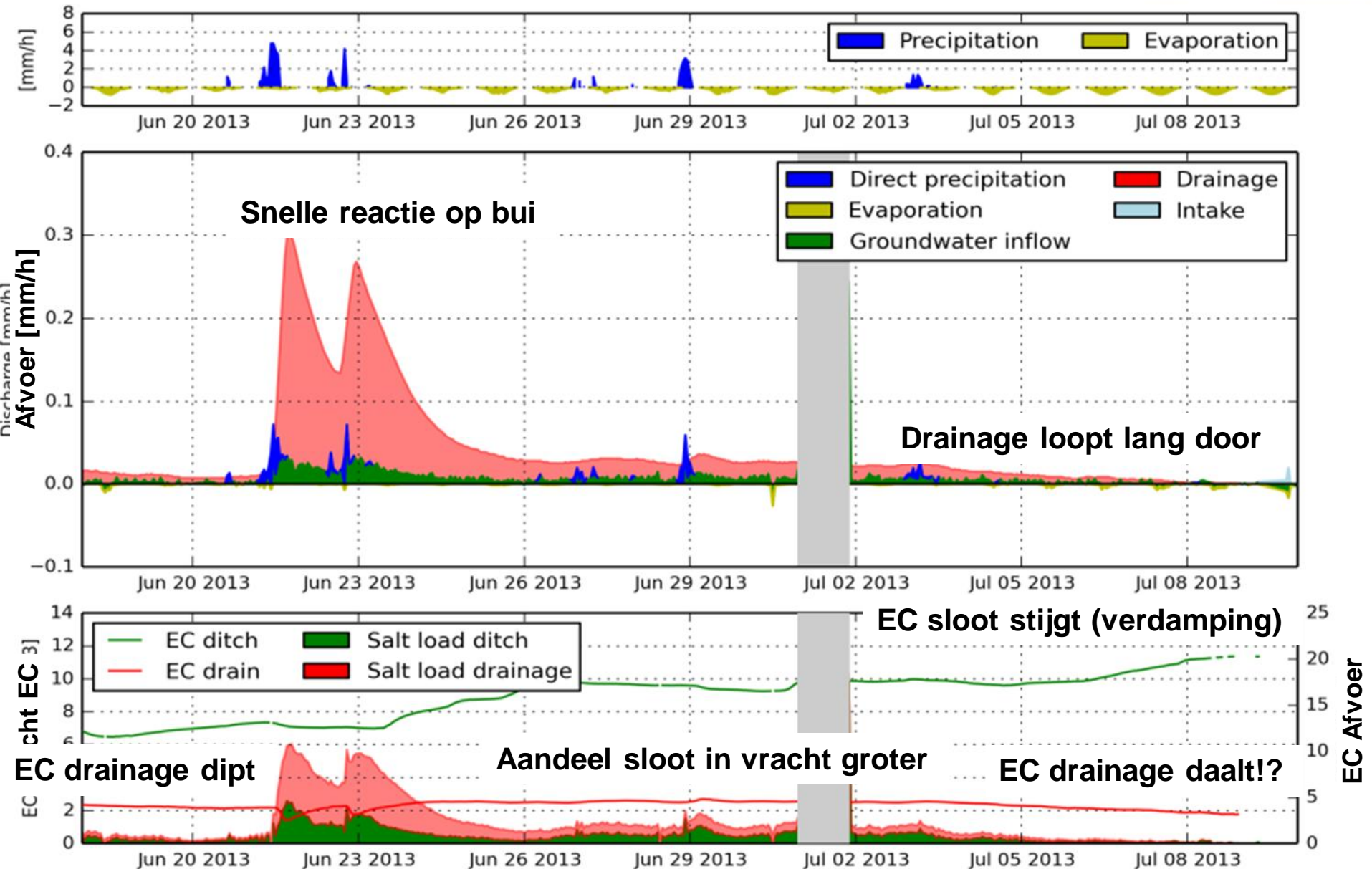
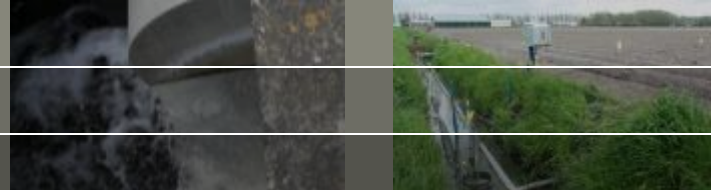
Zomer 2013



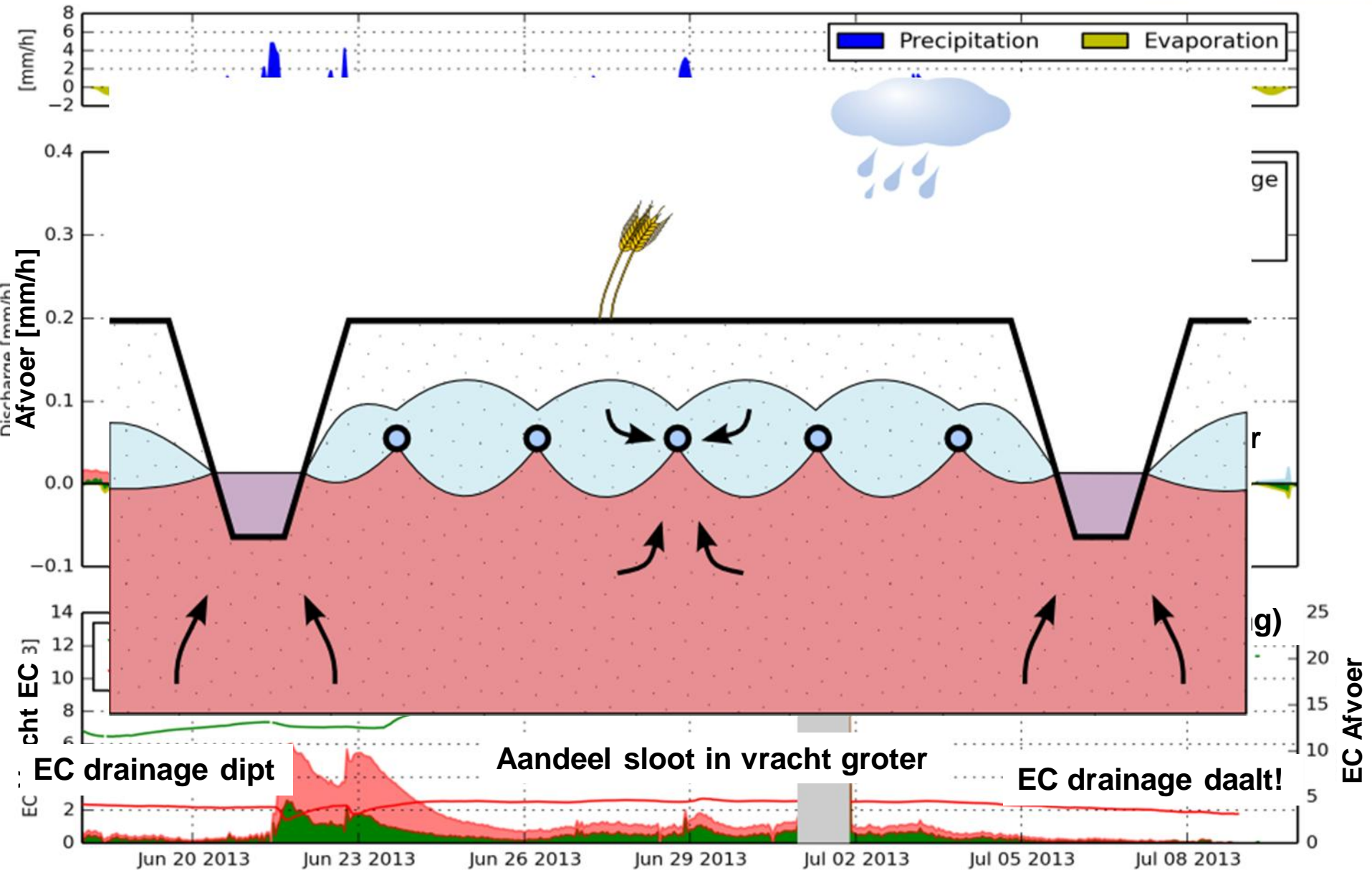
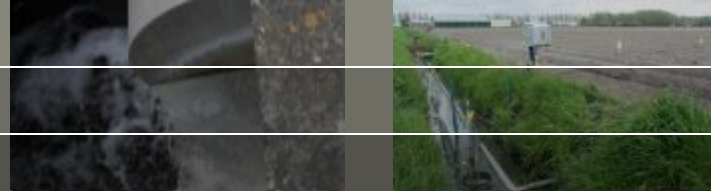
Inzoomen...



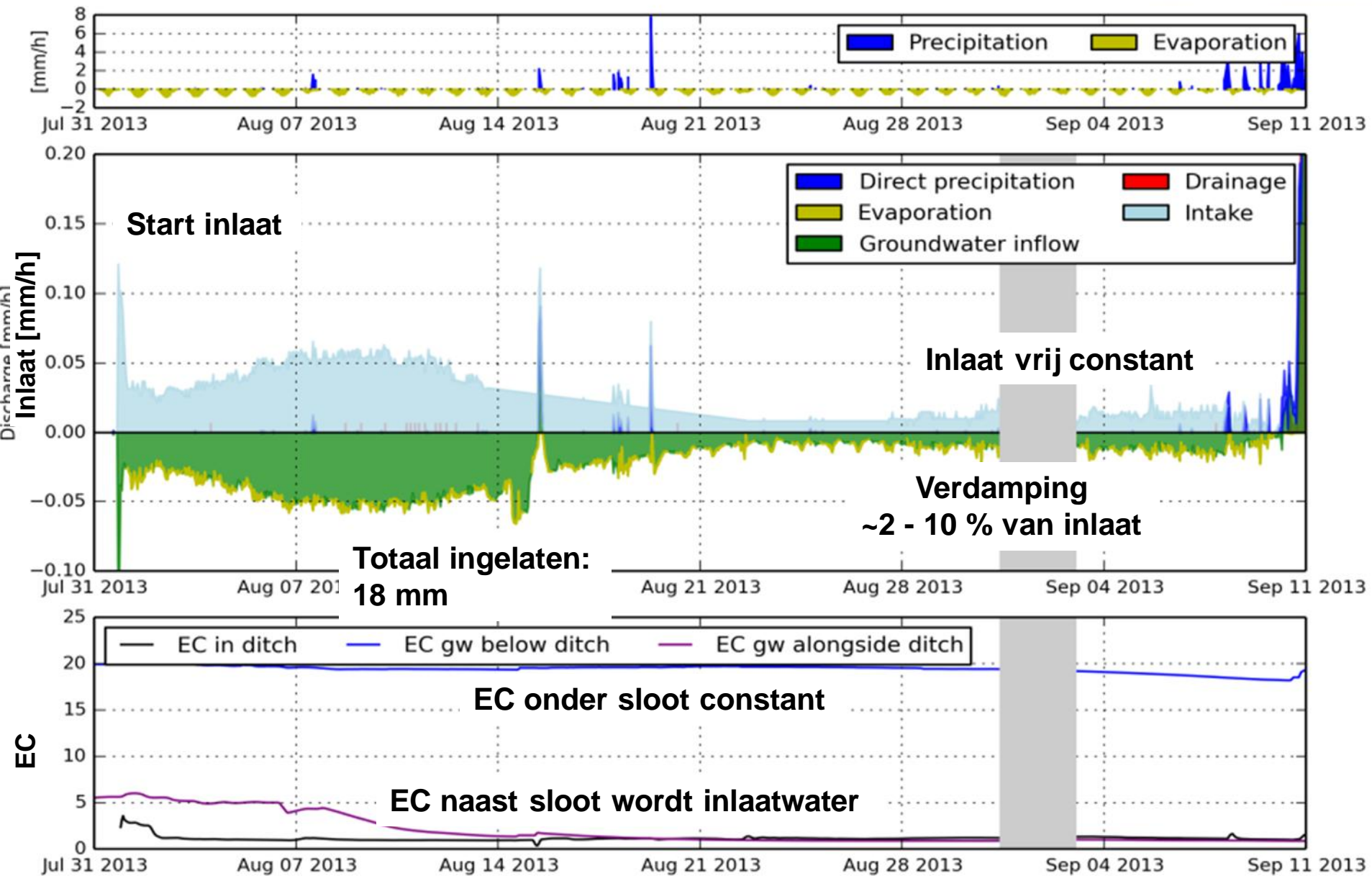
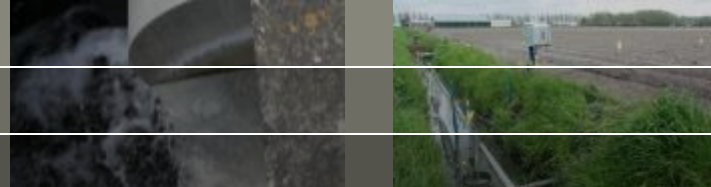
Normale bui tot droogval



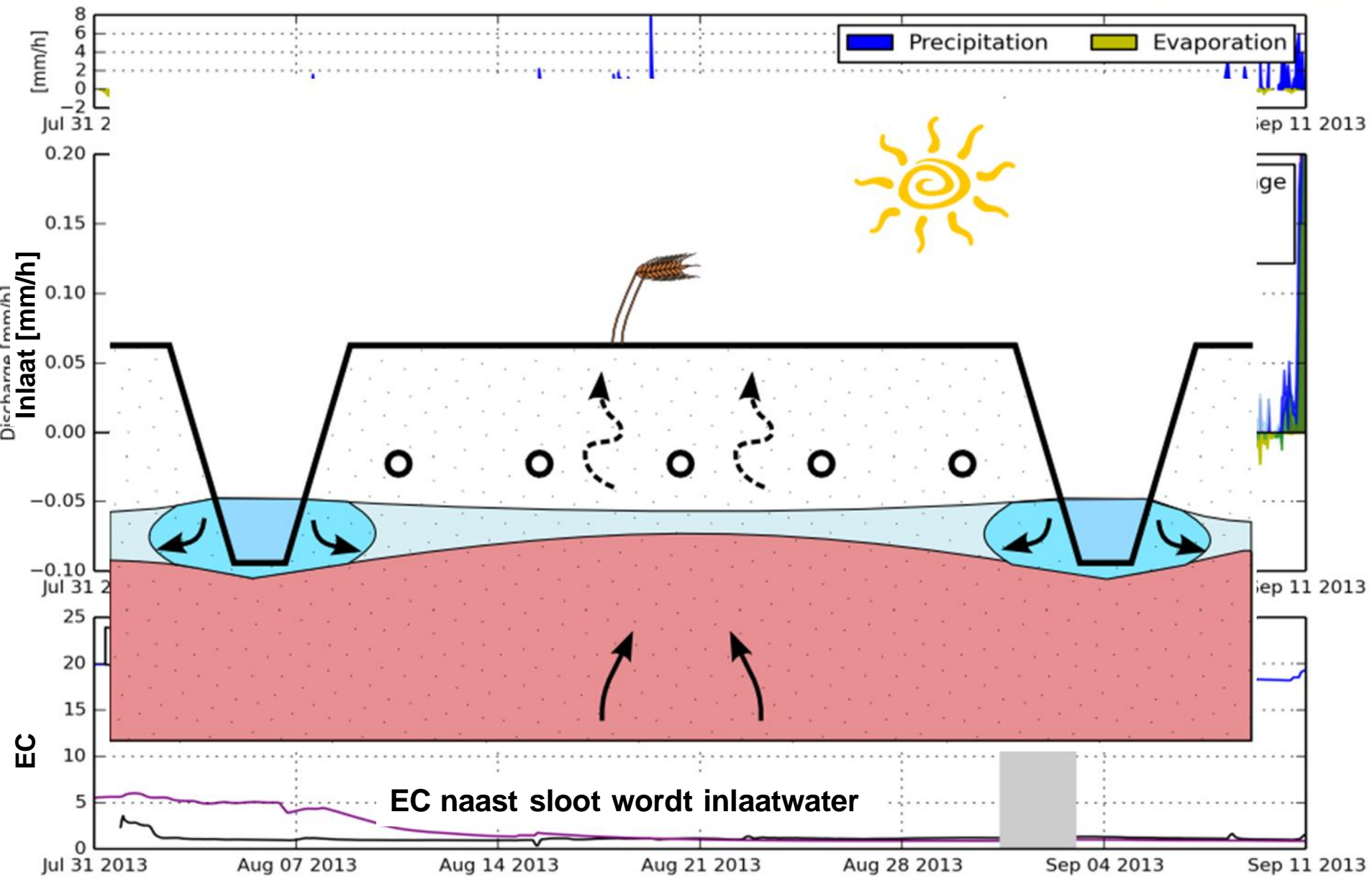
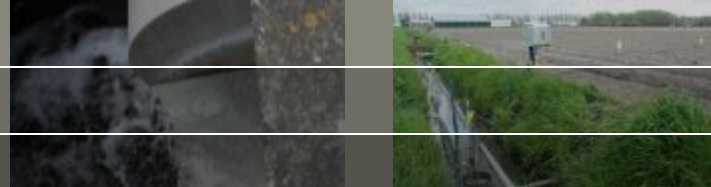
Normale bui tot droogval



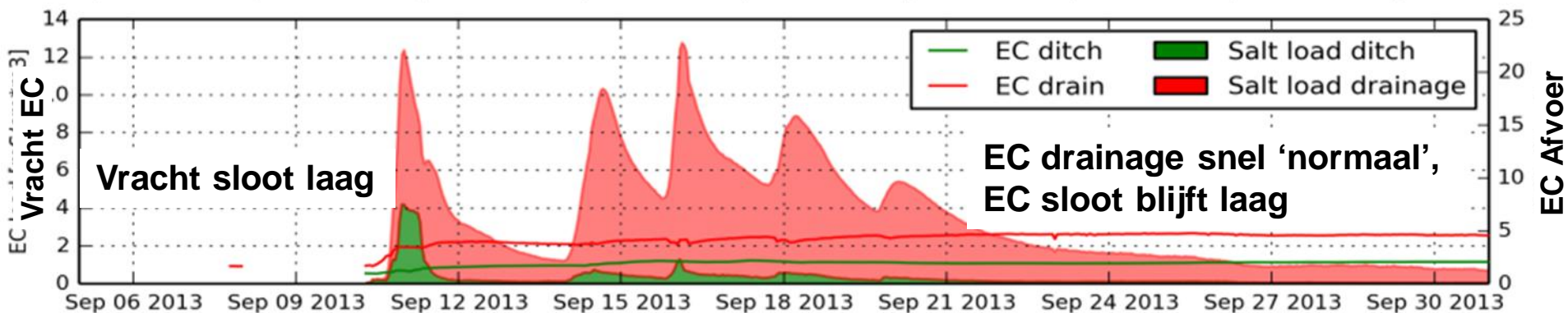
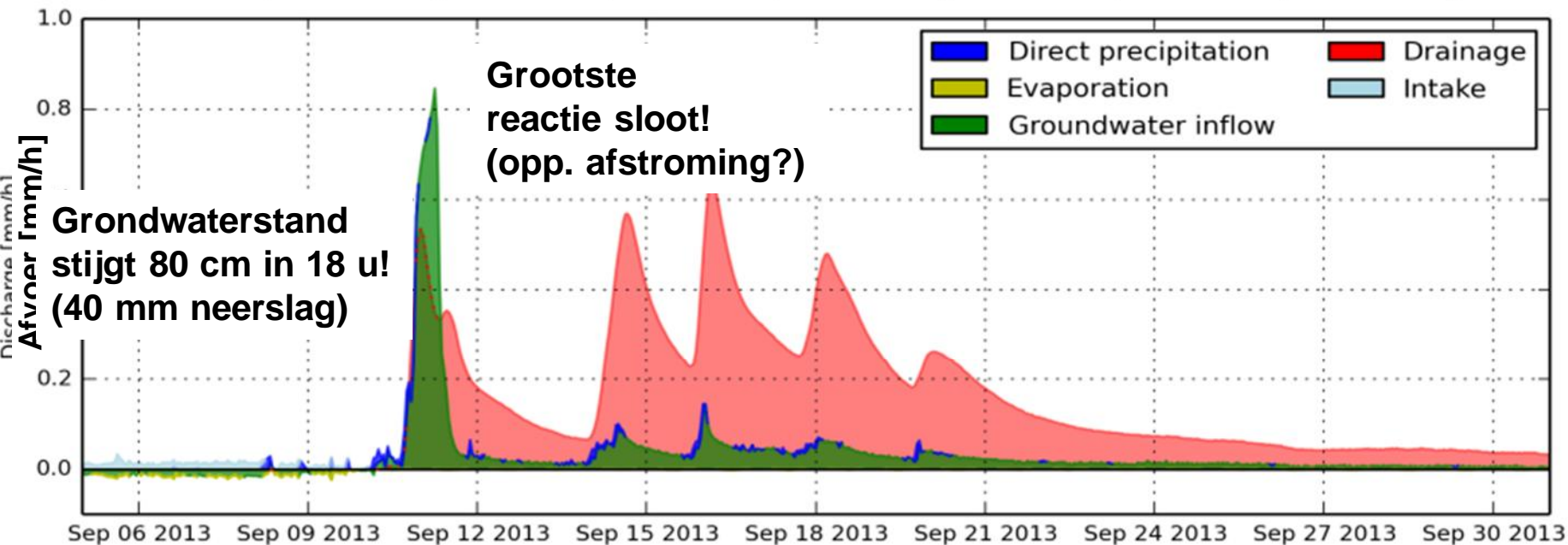
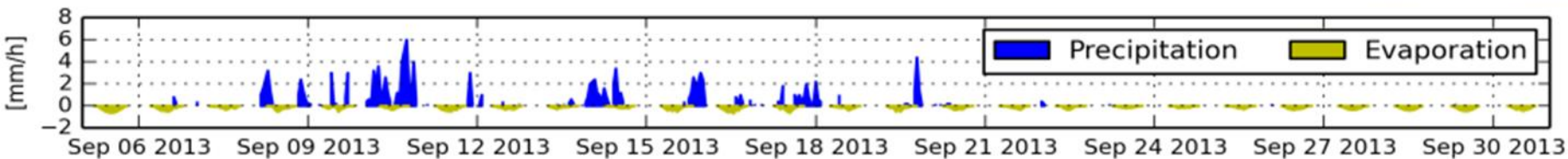
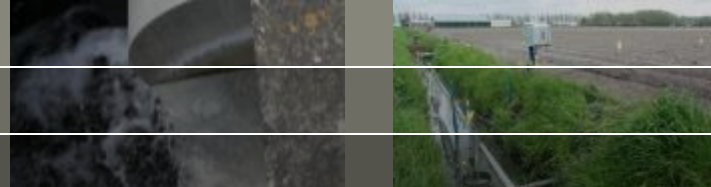
Waterinlaat



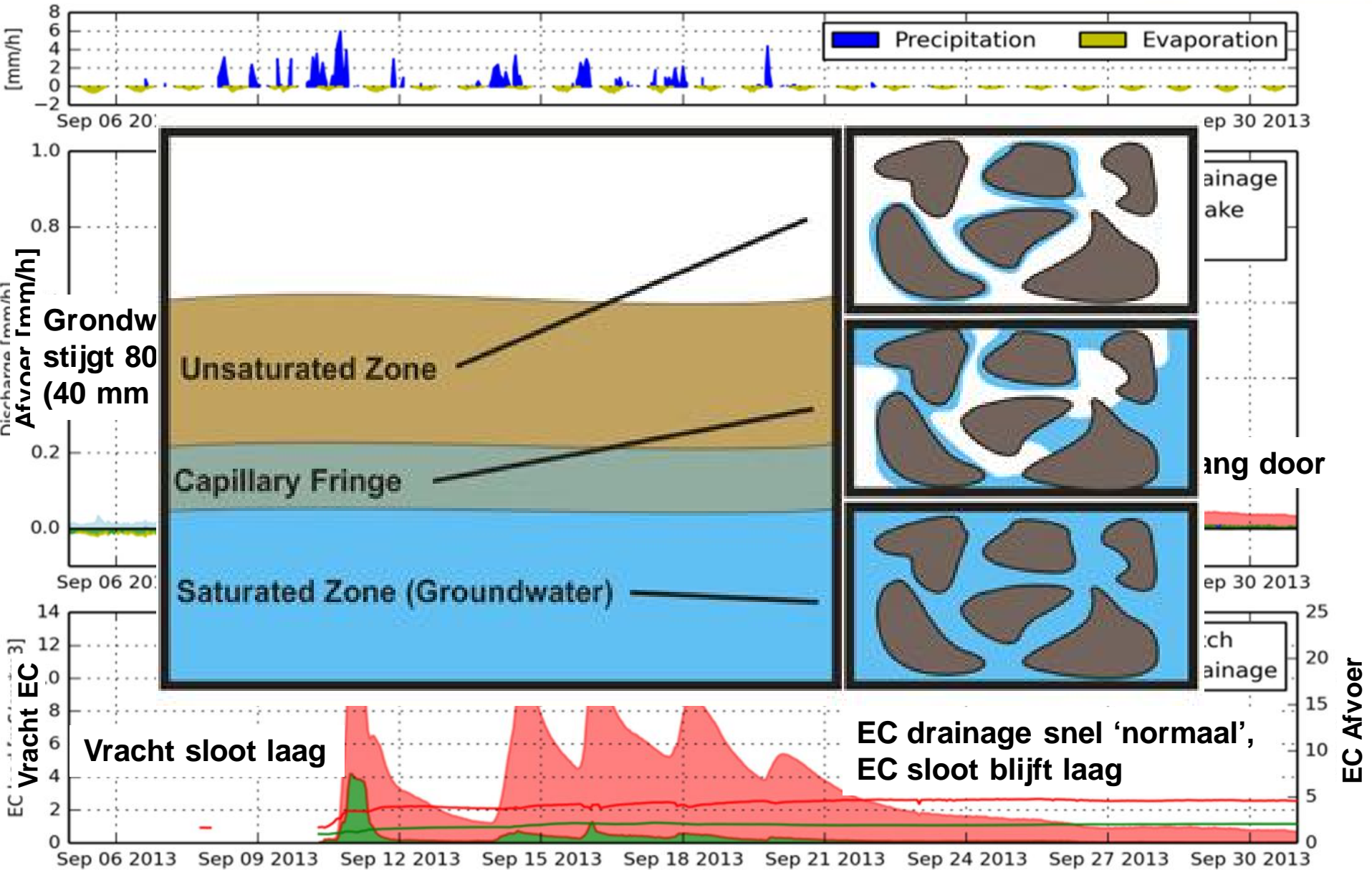
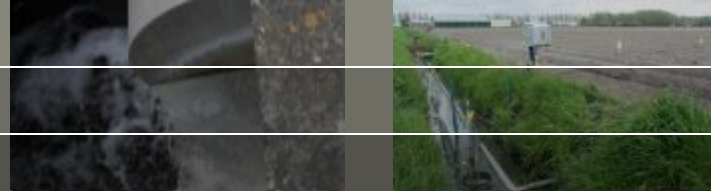
Waterinlaat



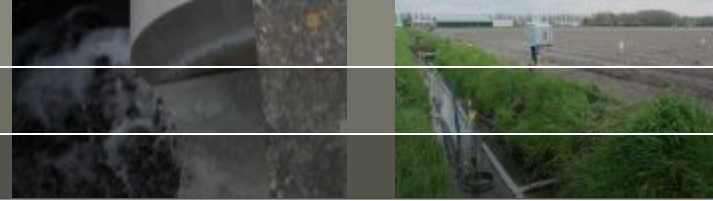
Zware regenval na droogte



Zware regenval na droogte



Conclusies



- Ook in kwelpolders vindt infiltratie naar grondwater plaats
- Concentratie sloot neemt toe, drainage af in droge tijd
- Sloten voeren zouter water af dan drains: belangrijk voor zoutvracht
 - Jun t/m sep: ~ 1000kg Cl , waarvan 25% sloot
 - (~ 6000 kg/ha/jr)
 - ($3 \cdot 10^7$ ton/jr Cl voor Schermer) (ICW: $4 \cdot 10^5$)
- Hele snelle omslag mogelijk naar afvoerend systeem (maar beetje water nodig om verzadigd te maken)
- Geïnfiltreerd water wordt na droogte weer naar sloot afgevoerd

Verdamping sloten (en het belang van meten)

- Penman (-Monteith) formule
 - Afweging inkomende (netto) straling (warmte) met afvoer water-verzadigde lucht (wind)
- Gewasverdamping Makkink (KNMI) * 1.2
 - Inschatting referentie gewasverdamping a.h.v. globale straling en luchttemperatuur (empirisch)
 - Vaste factor tussen Makkink en Penman
 - → In NL routinematig gebruikt
- Schermer: metingen drijvende verdampingspan

Verdamping sloten (en het belang van meten)

Natural evaporation from open water, bare soil and grass

BY H. L. PENMAN

Physics Department, Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Herts.

(Communicated by B. A. Keen, F.R.S.—Received 9 October 1947)

$$E_0 = \frac{\Delta R_{net}}{\Delta + \gamma} + \frac{\gamma \rho_a c_p f\{u\} \delta_e}{\Delta + \gamma} + \frac{\lambda_v}{\lambda_v}$$

Netto straling Windfunctie



FIGURE 7. The experimental site June 1944, looking north-east.



Howard Penman
(1947)

Verdamping sloten (en het belang van meten)

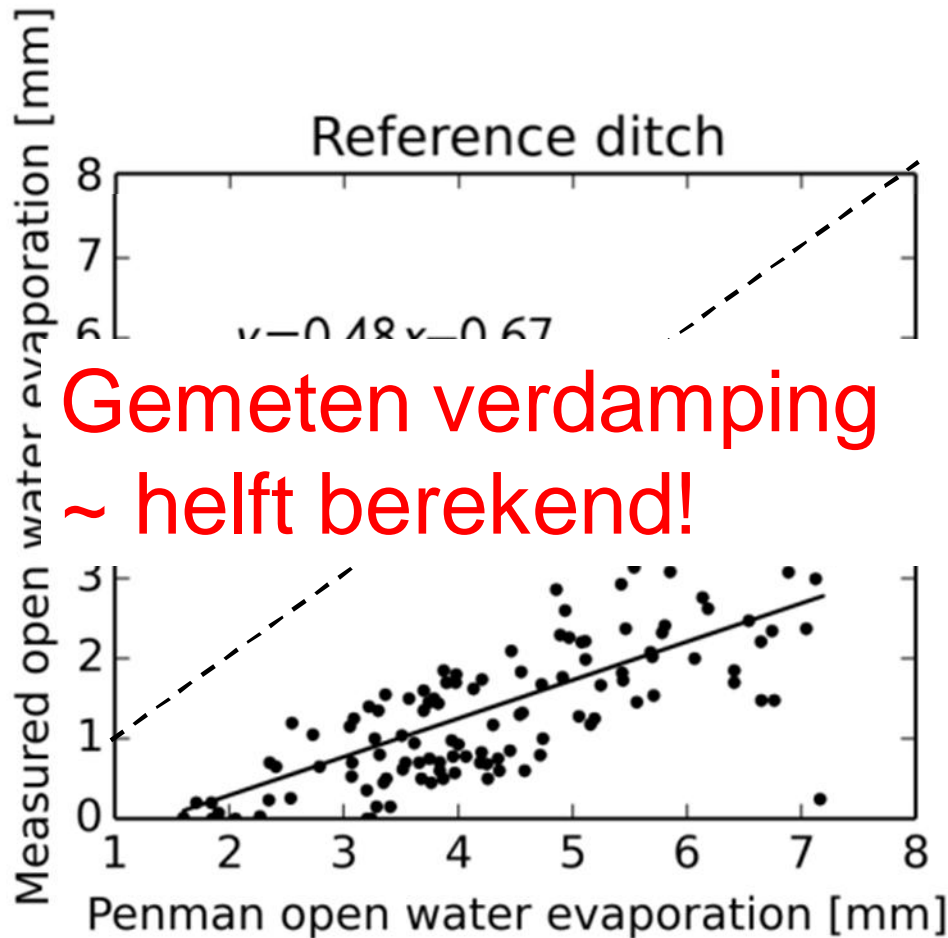
Uitgangspunten 'Penman-formule':

- Wateroppervlak uitgestrekt (minstens > 300m breed)
- Aardoppervlak homogeen
- Temperatuuruitwisseling met bodem constant
- Geen warmteberging in water

= ??

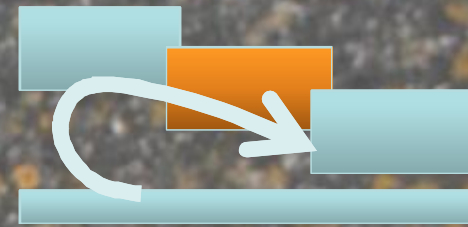


Verdamping sloten (en het belang van meten)



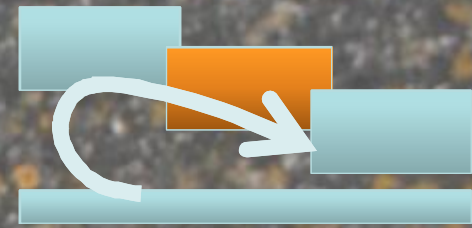
Waardoor?
windschaduw,
warmteuitwisseling bodem,
afkoeling door kwel, albedo?

(Veel) meer
metingen nodig!



3.

METINGEN IN PEILVAK HAARLEMMERMEER



Waar blijft inlaatwater?
en:

Hoe varieert zout in
ruimte en tijd?

Metingen in de Haarlemmermeer



Capaciteit inlaten

De Haarlemmermeer kent meer dan 100 van dit soort inlaatjes, waarvan de capaciteit en soms verantwoordelijkheid onbekend zijn.

In dit geval:
gemeten capaciteit: 2x schatting



Debiet poldergemaal Heye

Debiet gemaal bij maximum en halvering toerental gemeten met varende ADCP van Stichtse Rijnlanden.

Max debiet bleek goed bekend, maar ingeschat debiet bij half toerental (=standaard) was flink te laag

Zout in sloten

**Drijvende EC meter langs 70 km
sloot:
Ruimtelijk beeld zout in sloten**

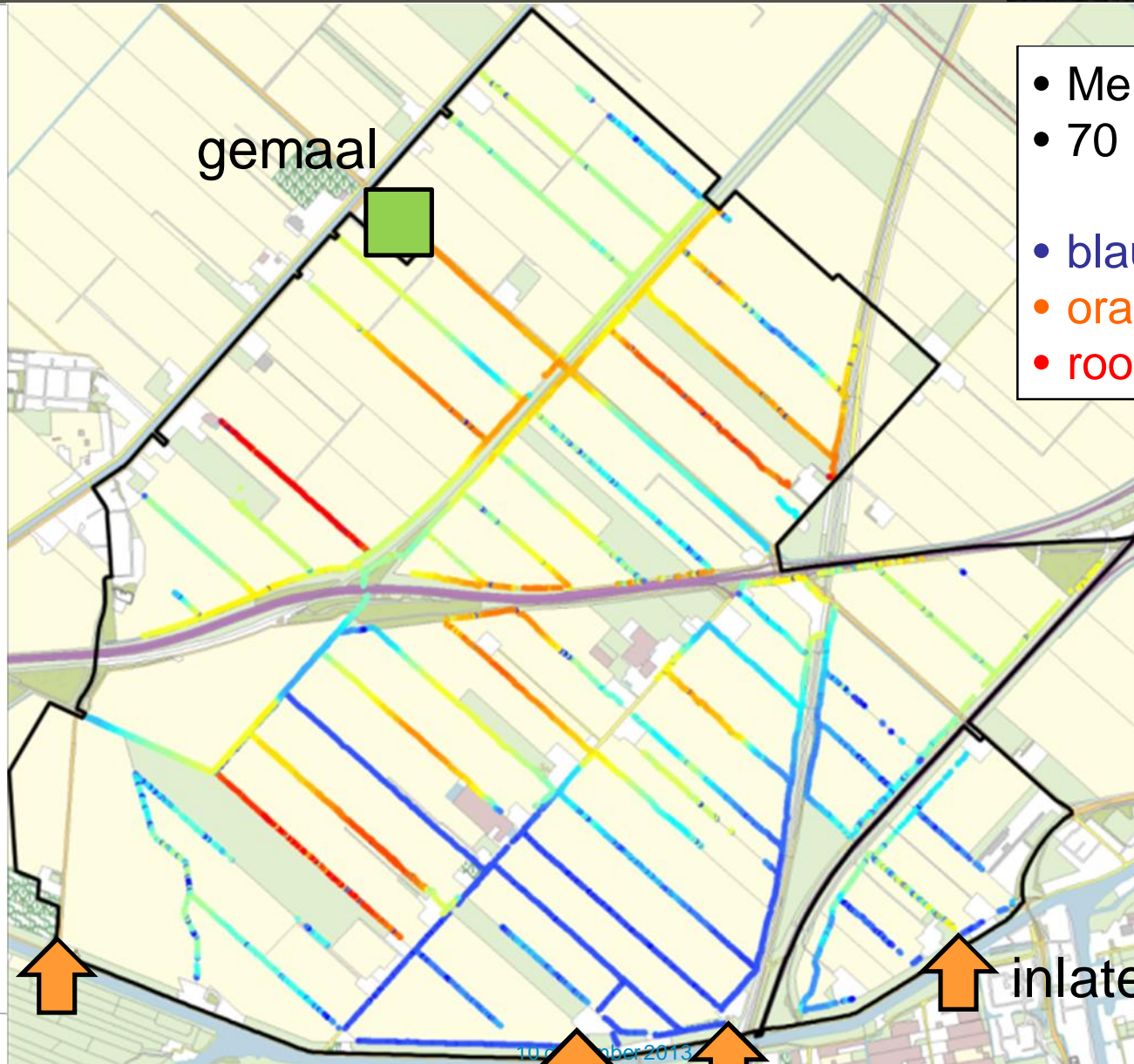
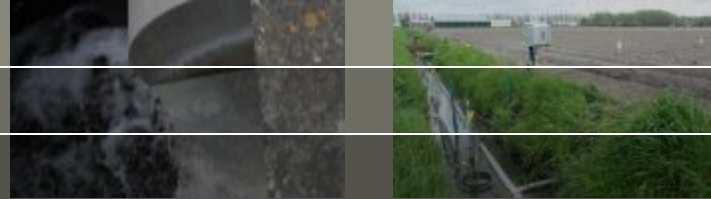
Zoute wellen (in sloot en op percelen)



Wellen zijn verantwoordelijk voor 60 % (Noordplas) of zelfs > 80 % (HMM pv9) van de zoutlast in diepe polders

De Louw et al (2010, 2011)
Delsman et al (2013)

Ruimtelijk beeld zout sloten

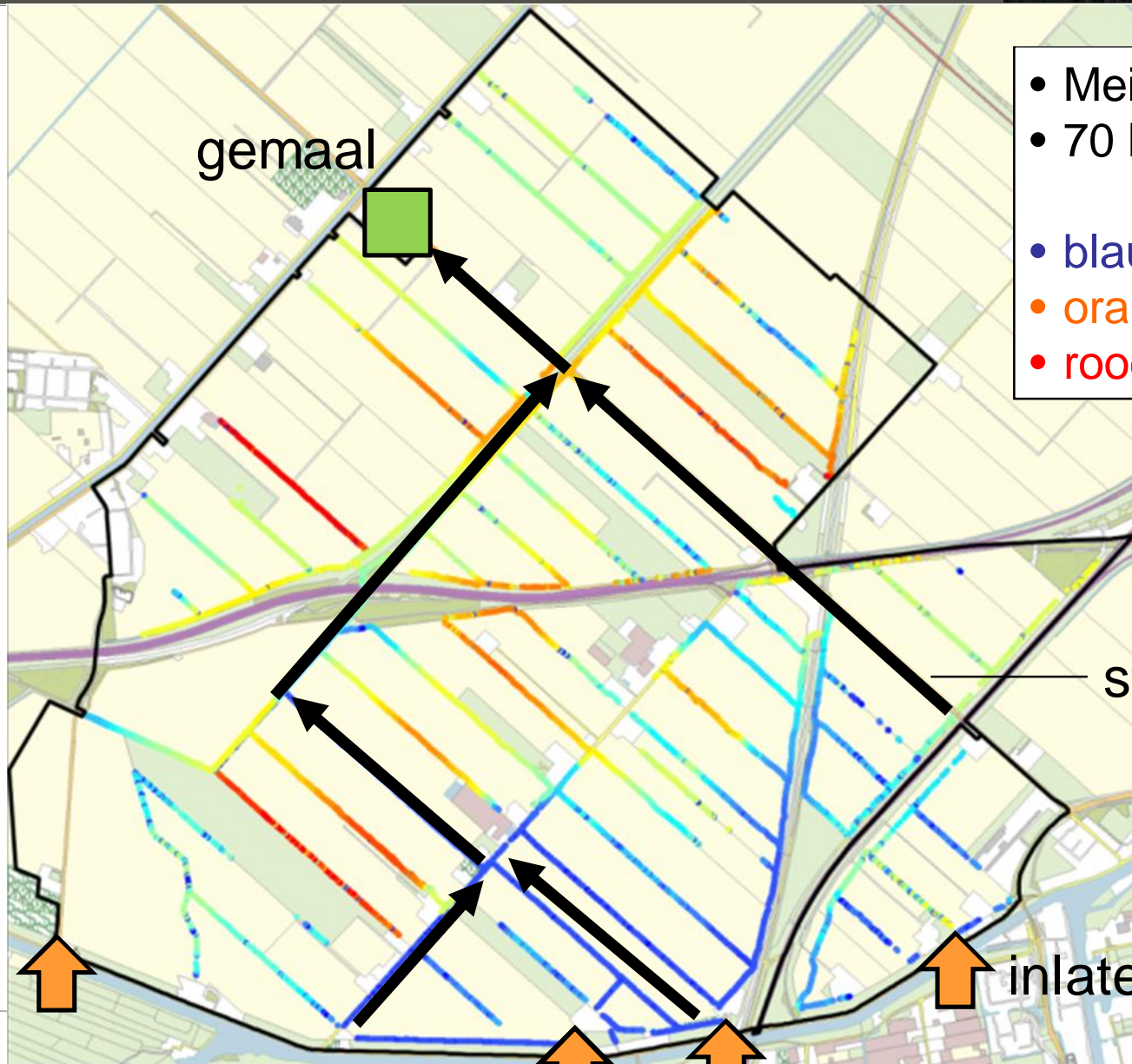
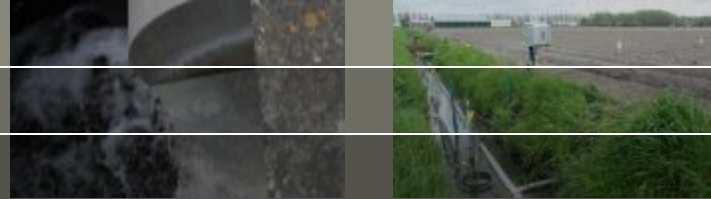


- Mei 2011: droog!
- 70 km aan sloten...

- blauw: ~150 mg/l
- oranje: ~1500 mg/l
- rood: > 3000 mg/l

inlaten

Ruimtelijk beeld zout sloten



- Mei 2011: droog!
- 70 km aan sloten...
- blauw: ~150 mg/l
- oranje: ~1500 mg/l
- rood: > 3000 mg/l

stromingsrichting

inlaten

Ruimtelijk beeld zout sloten

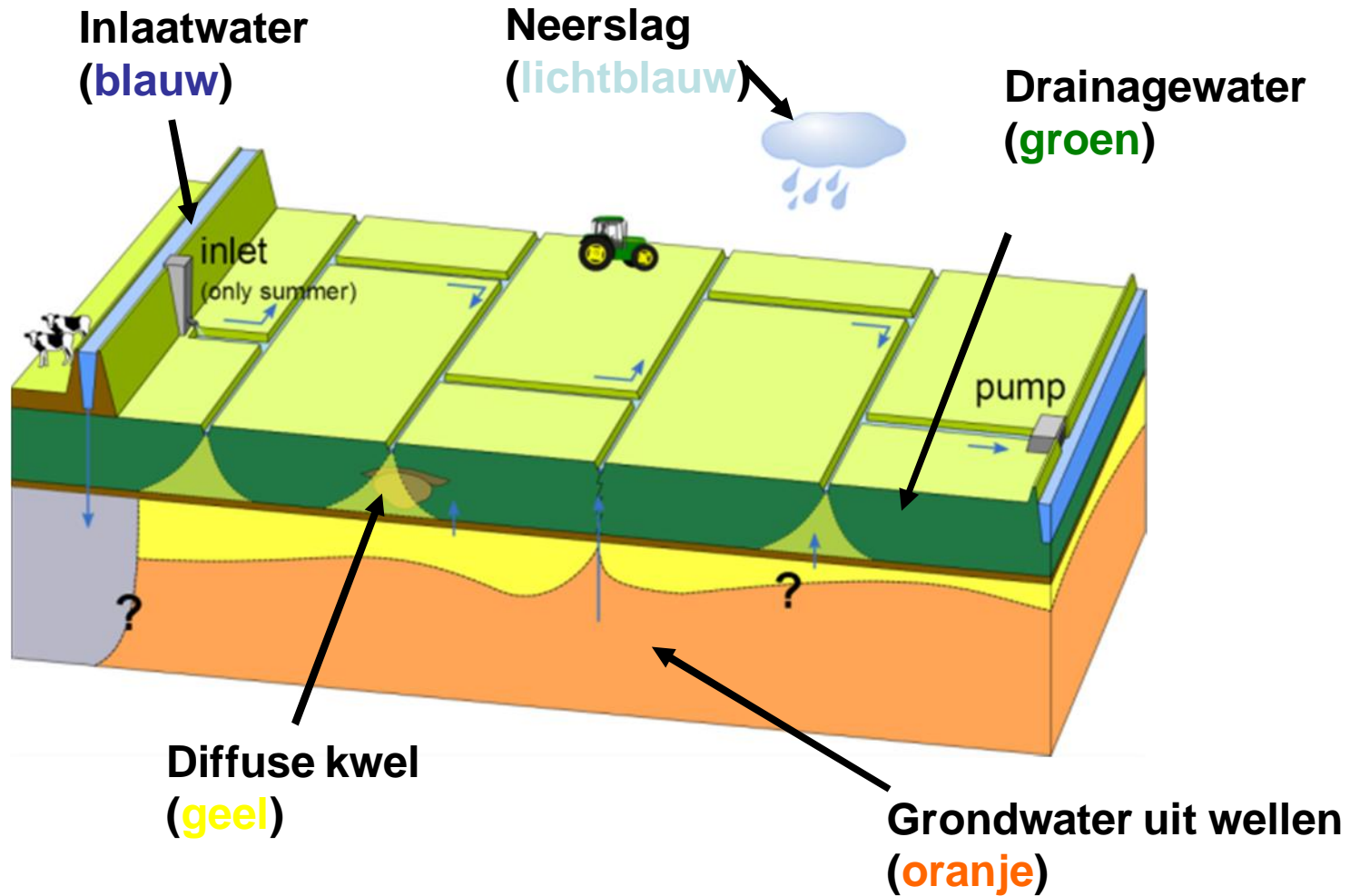
• Mei 2011: droog!

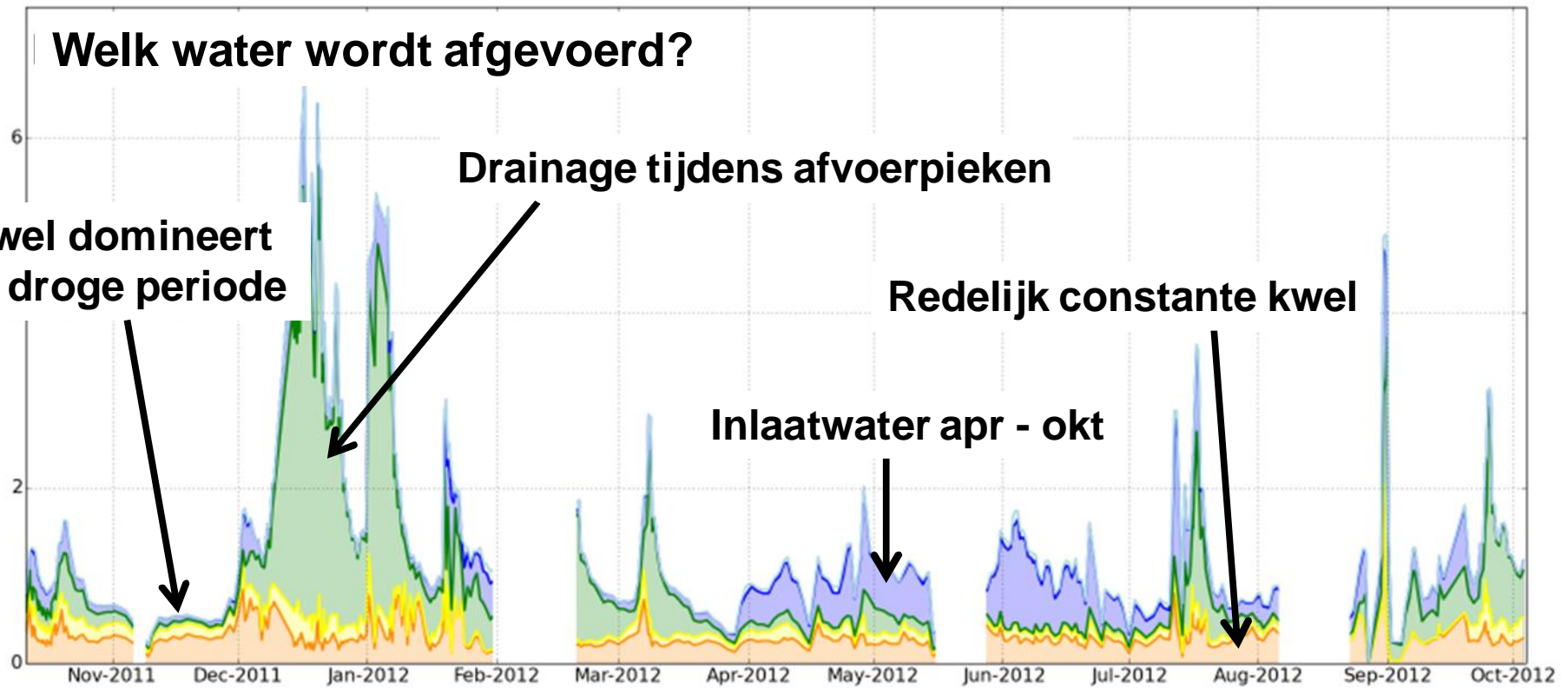
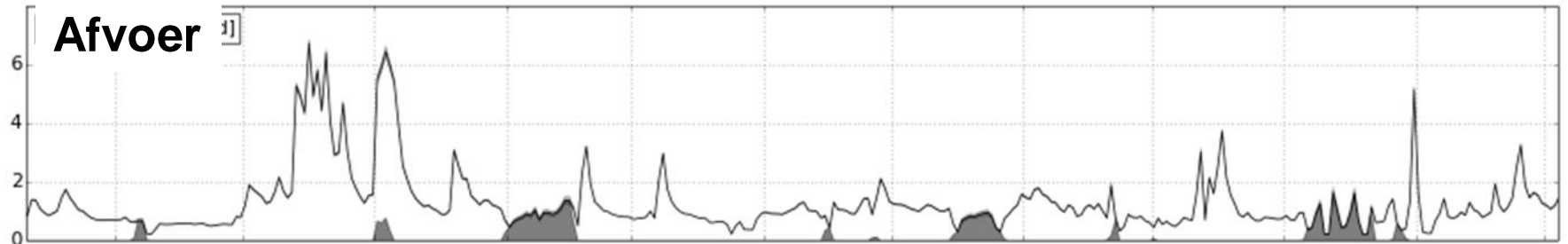
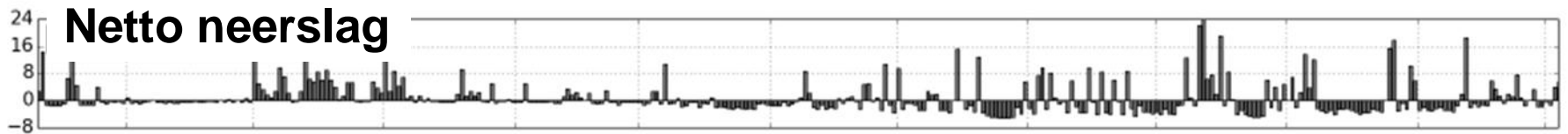
- Doorspoelwater geen effect buiten hoofdloop
- Snelle oplading (bijmenging) tijdens reis door peilvak
- Teeltplan weinig / geen rekening met zoutverdeling
- Geen relatie beregeningsperioden – beheer inlaten
- Verantwoordelijkheid beheer inlaten soms onduidelijk
- Effectiviteit doorspoelen niet / slecht bekend

Bepaling herkomst water met chemie

- Mogelijk om herkomst afvoer uit te splitsen op basis van chemische samenstelling
- Maakt gebruik van natuurlijk voorkomende, eenvoudig te meten elementen
- Afvoer is mengsel van inlaatwater, drainagewater, neerslag, grondwater uit wellen en diffuse kwel
- Meetperiode: okt 2011 – okt 2012

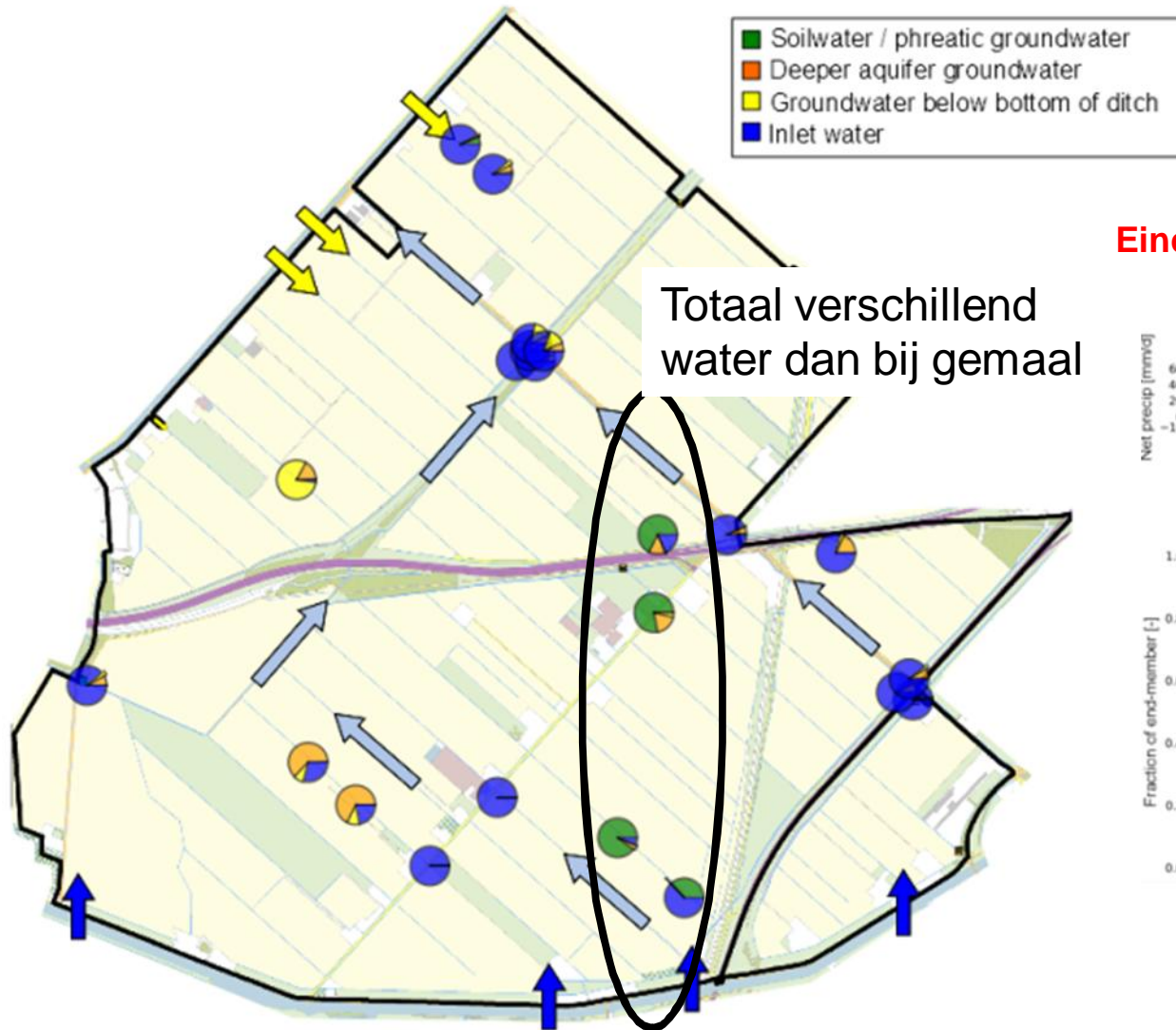
Schematisch overzicht waterstromen



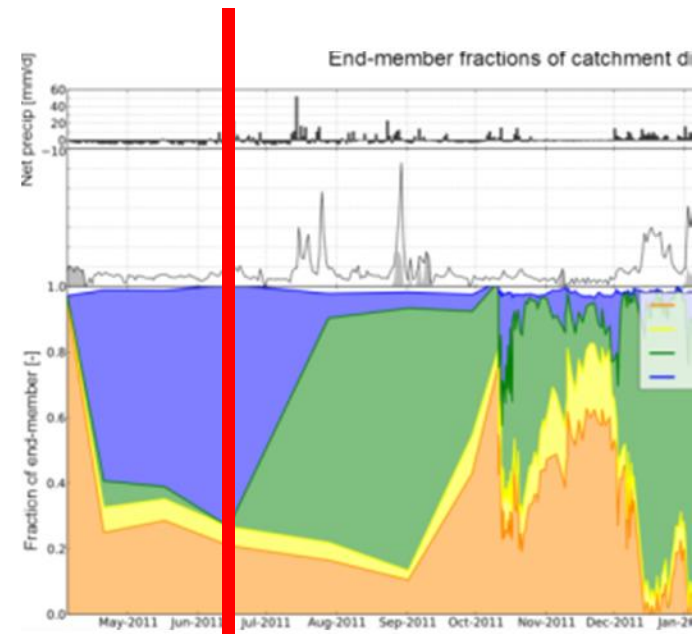


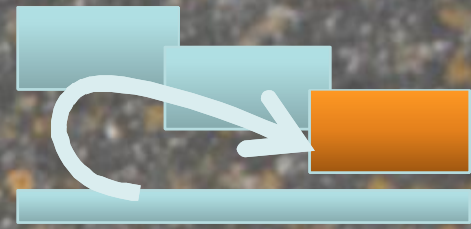
Ruimtelijke patronen

End-member fractions on 14 June 2011



Eind langdurig droge periode



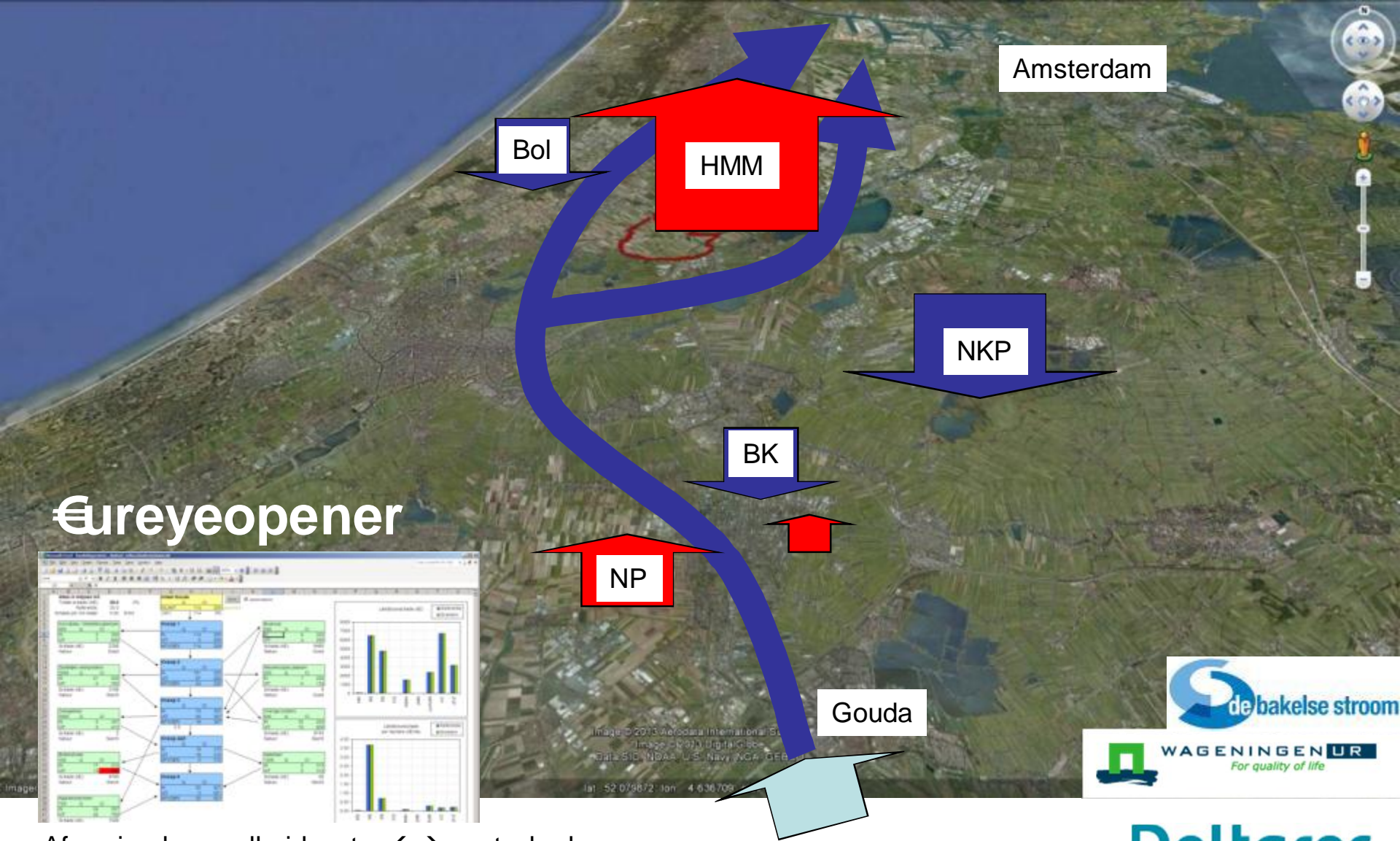


4.

DE €ureye^opener

AFWEGING INLAAT / SCHADE

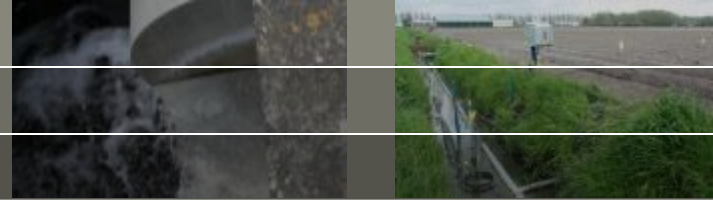
Afweging inlaat / zoutschade: de €ureyeopener



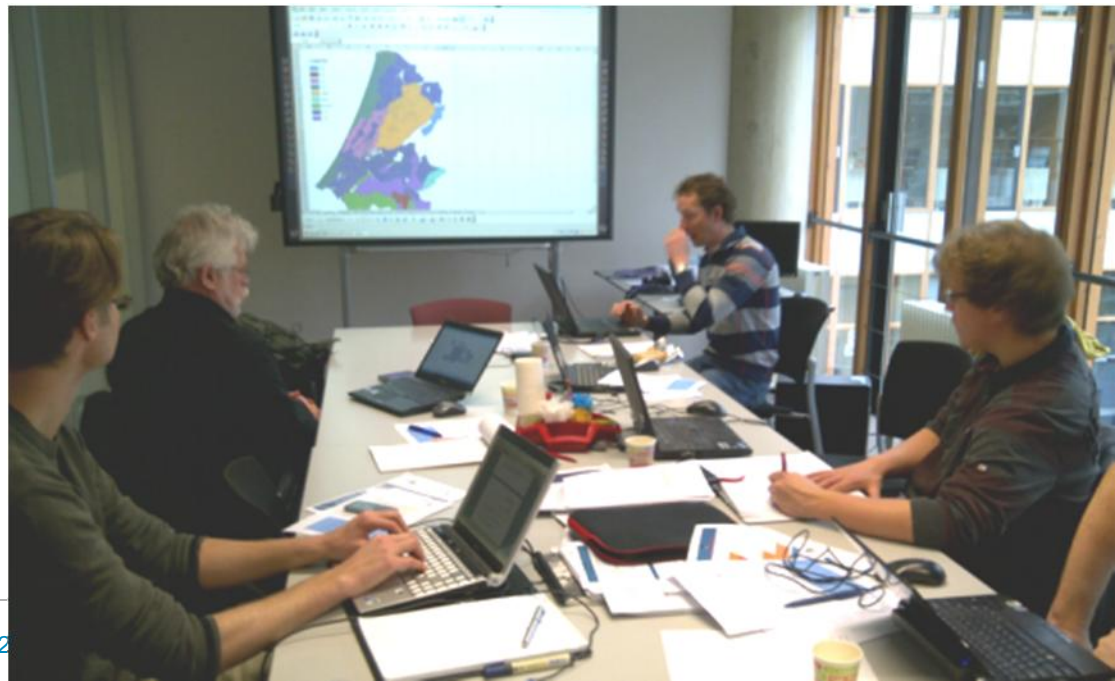
Afweging hoeveelheid water ↔ zoutschade

10 december 2013

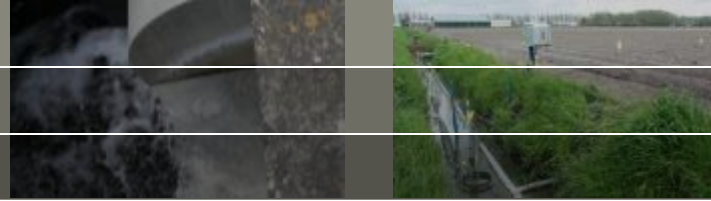
de €ureyeopener



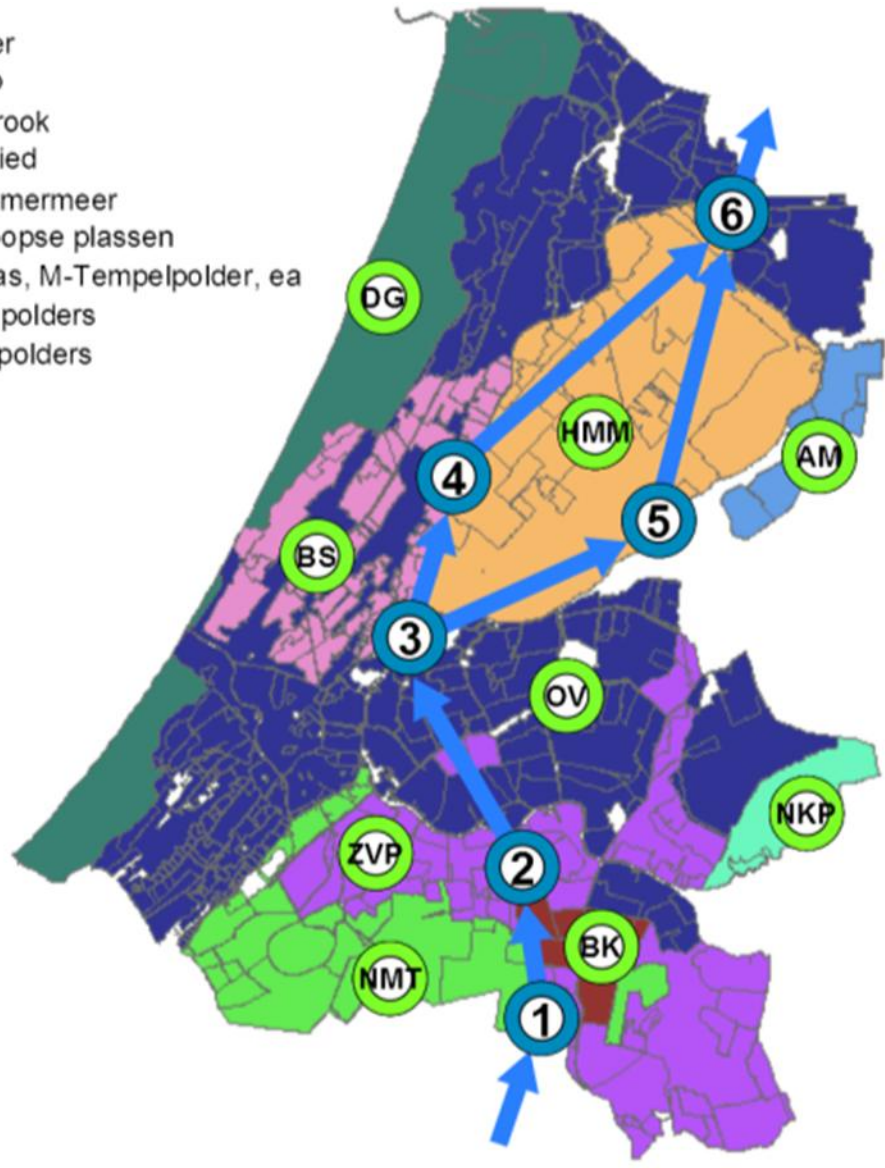
- “Is er ‘handelingsruimte’ in het anders omgaan met waterbeheer rond verzilting?”
- Kennis gewasschade zout en waterbeheer / verzilting bij elkaar gebracht
- ‘Achterkant van sigarendoos’, maar dan in Excel



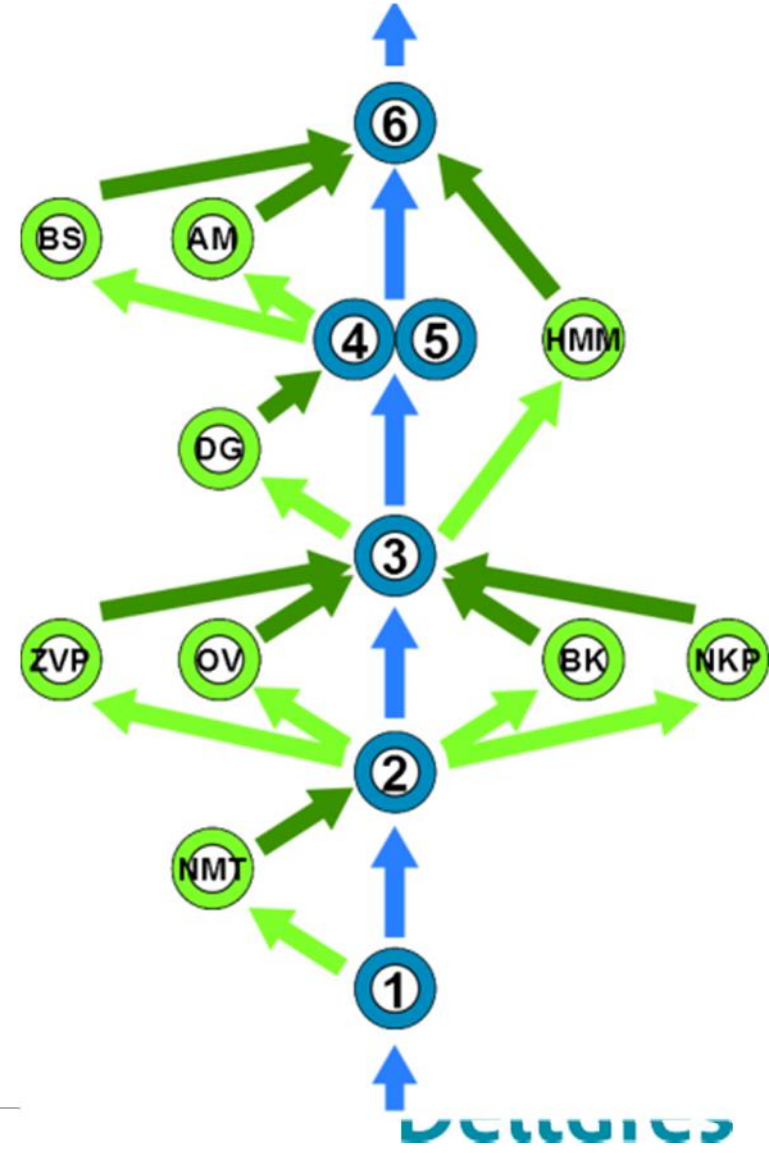
Schematisatie



- Aalsmeer
- Boskoop
- Bollenstrook
- Duingebied
- Haarlemmermeer
- Nieuwkoopse plassen
- Noordplas, M-Tempelpolder, ea
- Overige polders
- Z. Veenpolders



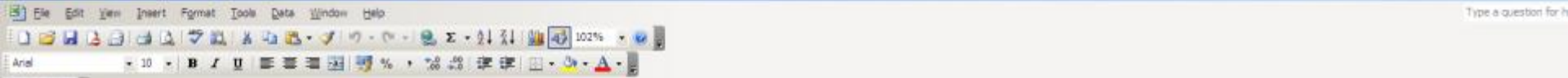
10 december 2010



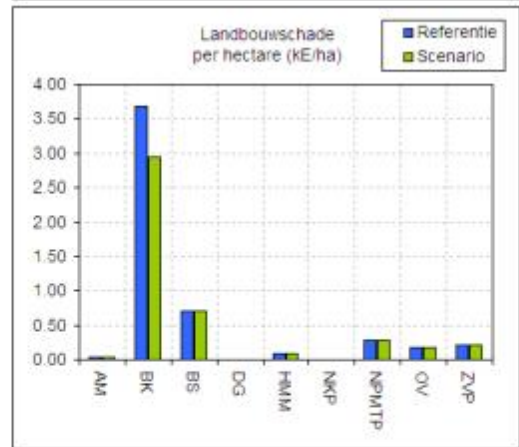
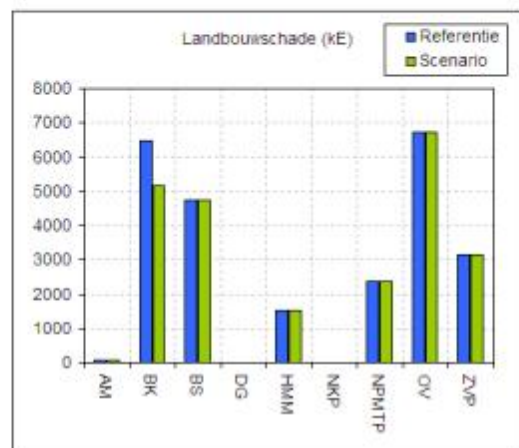
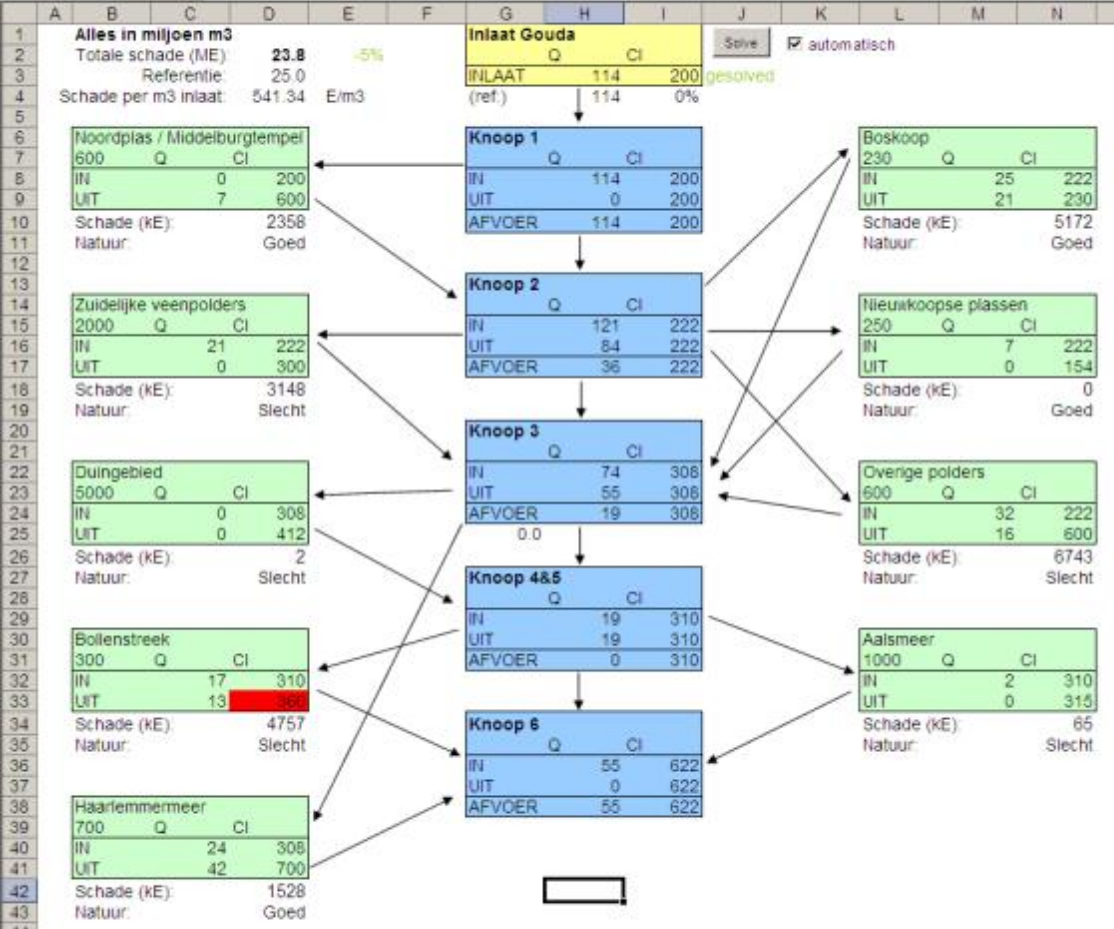
DELTA

In Excel...

Microsoft Excel - handelingsruimte_rijnland_refinischadecennatuur.xls



H42 A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X



Ready

De '€ureyeopeners'

- Zoutschade bij hogere chlorideconcentraties dan eerder aangenomen, maar totaal meer dan gedacht
- Door dubbel gebruik doorspoelwater:
 - Bollenstreek 'belangrijker' dan Boskoop
 - Inlaat begin keten 'kost' geen water in Gouda
 - Inlaat einde keten (HMM) wel
- Complex samenhangend systeem: meeste effect bij combinaties van aanpassingen
- Snel instrument geeft veel inzicht

Amsterdam

Gouda



Deltares

Boodschappen

- Zout grondwater resultaat palaeo-hydrologie
→ aanknopingspunten betere inschatting zz-verdeling
- Infiltratie ook in kwelpolder >> verdamping,
sloot ook belangrijk in zoutvracht
- Doerspoeelwater bereikt veel kleiner deel peilvak dan
gedacht → effectief?
- Fouten in water- / zoutbalansen door slecht bemeten
capaciteiten / verdamping / infiltratie



VRAGEN?

10 december 2013