

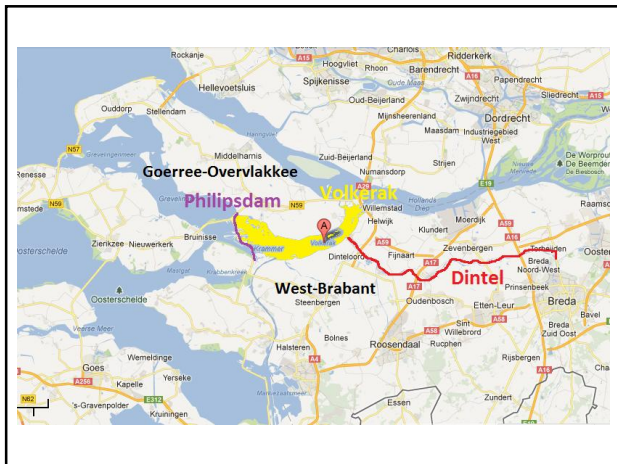
De effecten van zout water intrusie vanuit de Dintel in het oppervlakte- en grondwatersysteem

Masteronderzoek Hydrologie
Irene Lugten (Universiteit Utrecht)
19 december 2012

Begeleiders:
Gualbert Oude Essink (Deltares)
Klaas-Jan Douben (Waterschap Brabantse Delta)
Victor Witter (Waterschap Brabantse Delta)

Indeling presentatie

- Uitleg probleem
- Onderzoeksvraag en Hypothese
- Achtergrond van de studie
- Methode
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbevelingen



Onderzoeksvragen (I)

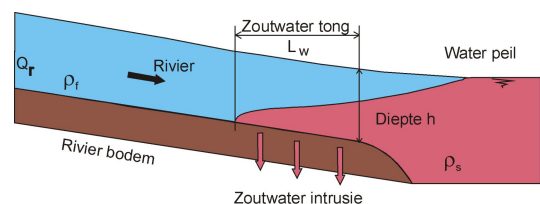
- *Hoofdvraag*
– Zal zout water intrusie door de bodem van de Dintel het oppervlakte- en grondwater in de omgeving significant verziltten?

Onderzoeksvragen (II)

- *Subvragen*
 - 1. Maximale zoutconcentratie?
 - 2. Grootte gebied?
 - 3. Wanneer begin? Snelheid? Evenwicht?
 - 4. Soort intrusie; diffusie of convectie?
 - 5. Invloed van de geologie? Verschillen per locatie?
 - 6. Welke voorzorgsmaatregelen?
 - Ophoging slootwaterpeil?

Hypothese

- Zout oppervlakte water uit de Dintel zal het grondwater indringen en het oppervlakte- en grondwater significant verziltten



Zoet-brak-zout water

- Chloride: 55% TDS (Total Dissolved Solids)
- Drinkwater: 250 mgCl/l (WHO, 2011)

Tabel 2.1 Classificatie van zoet, brak en zout grondwater naar Stuyfzand (1993)

Type grondwater	Chloride concentratie (mg Cl ⁻ / l)
Zoet	30 – 150
Zoet- Brak	150 – 300 (drinkwater = max. 250)
Brak	300 – 1.000
Brak- Zout	1.000 – 10.000
Zout	10.000 – 20.000 (zeewater = 19.000)

Convectie stroming: zout vingers

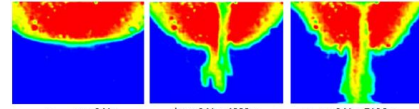


Figure 2.11. Fingering processes in a saturated porous medium (red = salt; blue = fresh). (Johannsen et al, 2006)

Convectie stroming: zout vingers

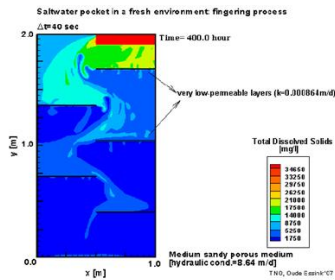
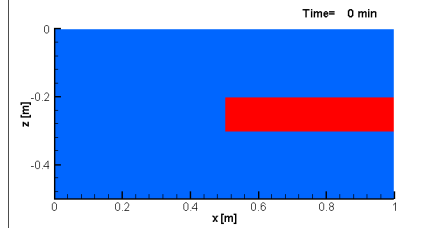


Figure 2.13 Salinization of a groundwater system with some low permeable layers (Oude Essink et al, 2006).

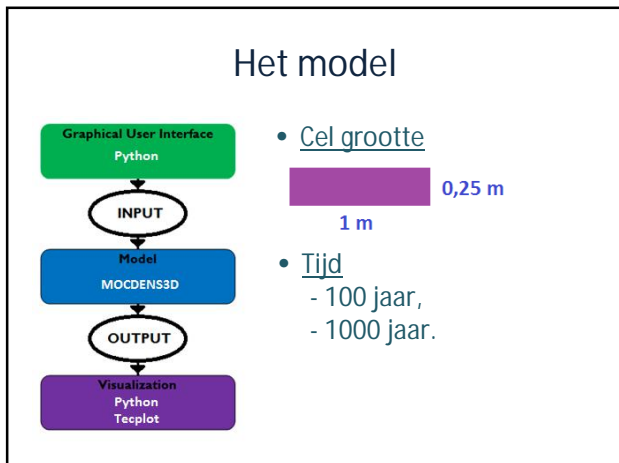
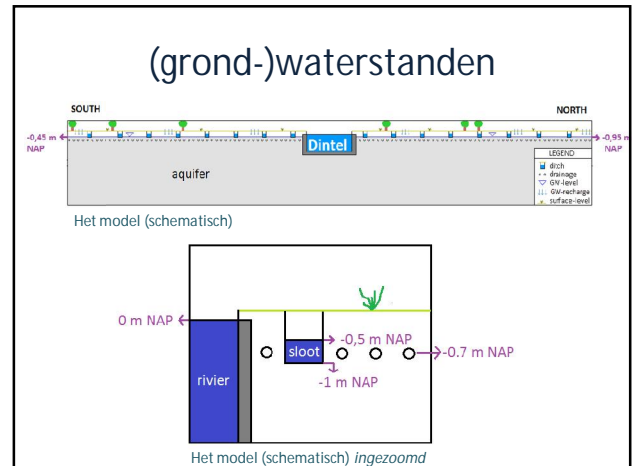
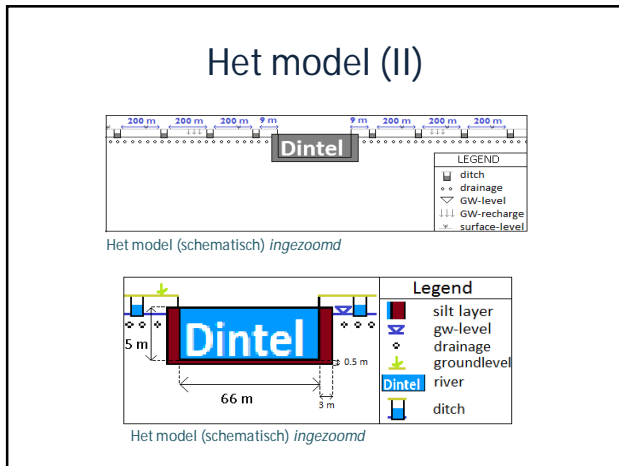
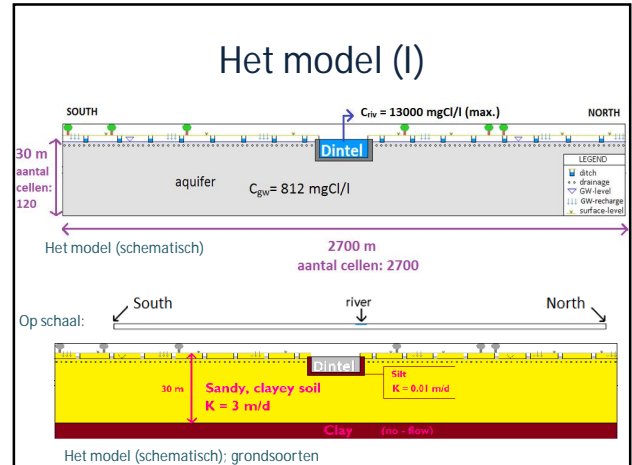
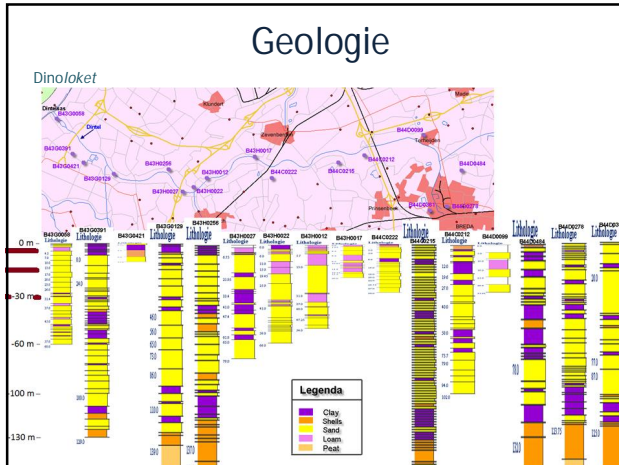
Saline pocket in fresh groundwater: fingering process

320*160 cells



Diffusie





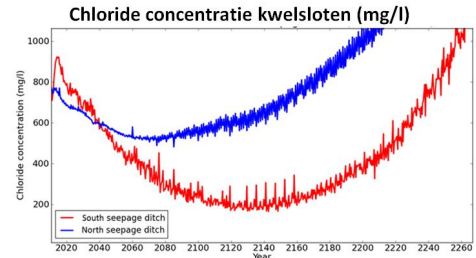
- ## Aanpak
- Analyse water systeem Dintel
 - Definieren referentie case (bepalen basis concept)
 - Scenario's opstellen (wegens onzekerheid in hydrogeologie)
 - Modellen draaien
 - Beschrijven, verklaren, analyse
 - Opschalen, doorvertalen resultaten

Scenario's

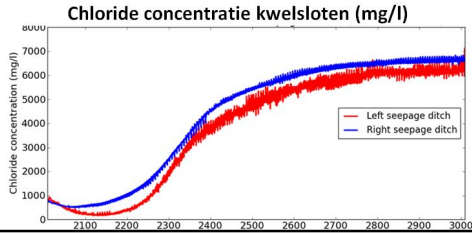
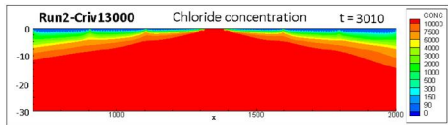
- Referentie scenario
- Slecht doorlatende laag op -15 m
- Slecht doorlatende laag op -4 m
- Variërende doorlatendheid van de rivierbodem
- Ophogen van peil in sloten
- Ophogen van rivierpeil (0.1 m NAP)
- Verlagen van rivierpeil (-0.1 m NAP)

Resultaten

$Criv=13000\text{mgCl/l}$
Animatie



$Criv=13000\text{mgCl/l}$



$Criv=13000\text{mgCl/l}$

- Drainage

Maximum chloride concentratie in de drainage

	Chloride concentratie 50 m van de rivier (mg/l)	Chloride concentratie >50 m van de rivier (mg/l)
Run2-Criv13000	<9000 mg/l	<800 mg/l

- Sloten

Maximum chloride concentratie in de sloten

	Kwelsloot (mg/l)	Andere sloten (mg/l)
Run2-Criv13000	<6500 mg/l	<900 mg/l

Slecht doorlatende laag (-15m)

$K=0.001\text{ m/d}$

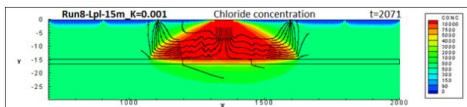


Figure 4.19. Run8- Lpl-15m_K=0.001 in 2071 met voorwaartse snelheidsvectoren

$K=0.01\text{ m/d}$

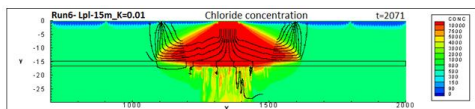
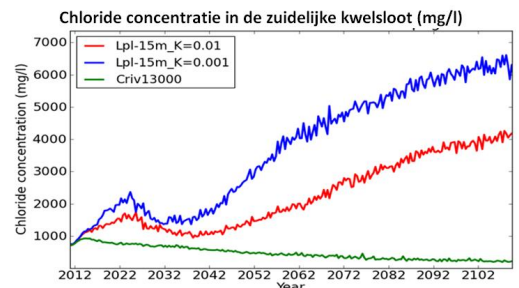


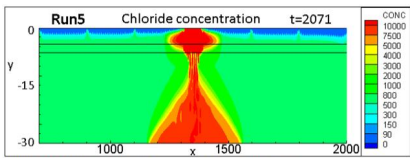
Figure 4.20. Run6- Lpl-15m_K=0.01 in 2071 met voorwaartse snelheidsvectoren

Slecht doorlatende laag (-15m)



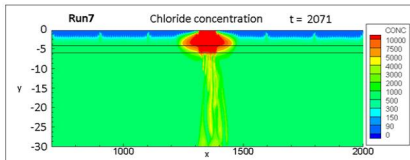
Slecht doorlatende laag (-4m)

K=0.01 m/d



Figuur 4.25. Chloride concentratie in scenario Lpl-4m_K=0.01 in 2071

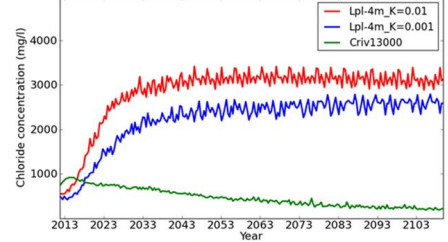
K=0.001 m/d



Figuur 4.24b. Chloride concentratie in scenario Lpl-4m_K=0.001 in 2071

Slecht doorlatende laag (-4m)

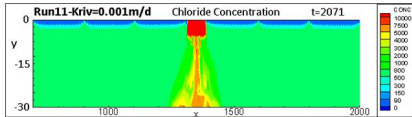
Chloride concentratie in de zuidelijke kwelsloot (mg/l)



Figuur 4.26 Concentratie in de linker kwelsloot in scenario Lpl-4m_K=0.01 en Lpl-4m_K=0.001

Variërende doorlatendheid van de rivierbodem

K=0.001 m/d



Figuur 4.33. Chloride concentratie (mg/l) in scenario Kriv=0.001m/d in 2071

K=0.01 m/d

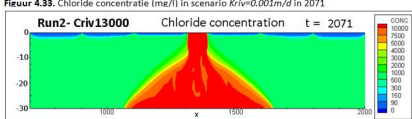
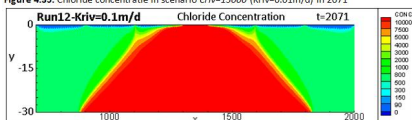


Figure 4.35. Chloride concentratie in scenario Criv=13000 (Kriv=0.01m/d) in 2071

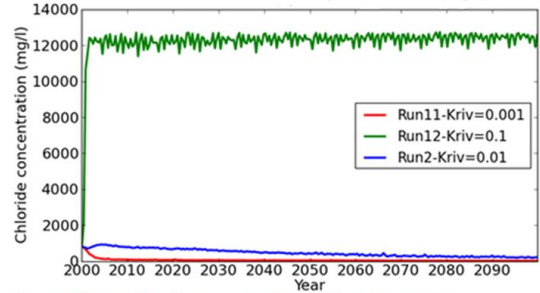
K=0.1 m/d



Figuur 4.34. Chloride concentratie in scenario Kriv=0.1m/d in 2071

Variërende doorlatendheid van de rivierbodem

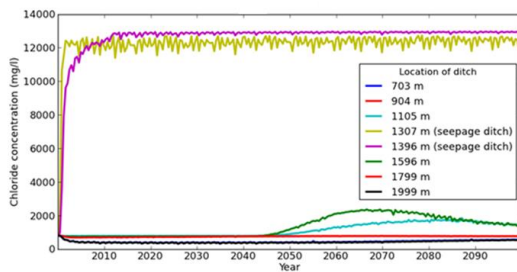
Chloride concentratie in de zuidelijke kwelsloot (mg/l)



Figuur 4.36 The chloride concentration in the linker kwelsloot

Variërende doorlatendheid van de rivierbodem

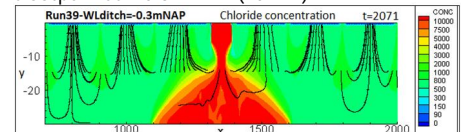
Chloride concentratie in de sloten (mg/l)



Figuur 4.37 Chloride concentratie in de sloten

Ophogen van peil in sloten

Slootpeil naar -0.3 m NAP (+0.2 m)



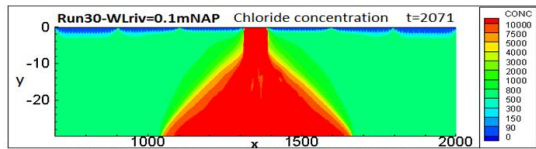
Figuur 4.42 Chloride concentratie in scenario Wlditch=-0.3mNAP in 2071 met voorwaartse snelheidsvectoren

Concentratie in de sloten: 800 mgCl/l

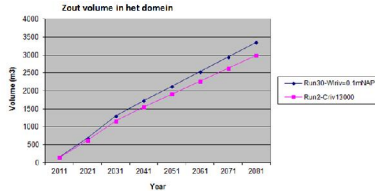
Concentratie in drainage:

- near the river; <6000 mgCl/l
- rest of the domain; 800 mgCl/l

Ophogen van rivierpeil (0.1 m NAP)

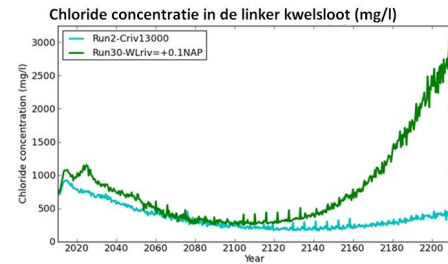


Figuur 4.46. Chloride concentratie in scenario $WLRiv=0.1mNAP$ in 2071



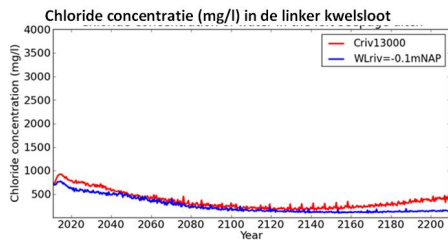
Figuur 4.47. Zout volume in het domein

Ophogen van rivierpeil (0.1 m NAP)



Figuur 4.48. Chloride concentratie in de linker kwelsloot

Verlagen van rivierpeil (-0.1 m NAP)



Figuur 4.50 Chloride concentratie in de linker kwelsloot $WLRiv=-0.1mNAP$

Tabel 4.13. Chloride concentratie in de drainage tot 2110

	Chloride concentratie 50 m van de rivier (mg/l)	Chloride concentratie >50 m van de rivier (mg/l)
Run2-Criv13000	<9000 mg/l	<800 mg/l
Run46- $WLRiv=-0.1mNAP$	<8000 mg/l	<800 mg/l

Conclusie (1 van 8)

- Er treedt verzilting op; de grootte en de duur van de verzilting afhankelijk van:
 - Hydrogeologische factoren,
 - Aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen,
 - Doorlatendheid van de rivierbodem.
 - Maatregelen
 - Ophogen slootpeil
 - Veranderen rivierpeil

Conclusie (2 van 8)

- Beantwoorden onderzoeksvragen
 - *Hoofdvraag*
Zal zout water intrusie door de bodem van de Dintel het oppervlakte- en grondwater in de omgeving significant verzilten?
- Ja, in alle geteste gevallen heeft het effect op de concentratie van het grondwater en slootwater

Conclusie (3 van 8)

- Beantwoorden onderzoeksvragen
 1. Maximale zoutconcentratie?

Het grondwater: concentratie van rivier water
Het slootwater: Kwelsloot en in sommige gevallen de sloot ernaast ook concentraties tot 9500 mgCl/l (tot 73% van de input)

Conclusie (4 van 8)

- Beantwoorden onderzoeksvragen

2. Grootte gebied?

300 meter: oppervlaktewater verzilten

1000 meter: grondwater (zeer lange termijn)

Conclusie (5 van 8)

- Beantwoorden onderzoeksvragen

3. Wanneer begin? Snelheid? Evenwicht?

10 jr: verzilten kwelsloten

In 1000 jaar nog geen stabiele situatie

Conclusie (6 van 8)

- Beantwoorden onderzoeksvragen

4. Soort intrusie; diffusie of convectie?

Diffusie en convectie vinden beide plaats.

Het dominantie proces is afhankelijk van de situatie

Conclusie (7 van 8)

- Beantwoorden onderzoeksvragen

5. Invloed van de geologie? Verschillen per locatie?

Slecht doorlatende laag heeft veel invloed; dus verzilting verschillend per locatie

Conclusie (8 van 8)

- Beantwoorden onderzoeksvragen

6. Welke voorzorgsmaatregelen?

- Ophoging slootwaterpeil?

Ophogen slootpeil: lijkt goed te werken, wel zout water in drainagesysteem, dus in sloten

Ophogen rivierpeil: versnelt het proces

Verlagen rivierpeil: vertraagt het proces (niet genoeg)

Aanbevelingen Watermanagement

- 1. Het water uit de kwelsloot kan niet gebruikt worden voor landbouw -> afsluiten
- 2. Sloten < 300 m van de Dintel lopen ook risico -> monitoren
- 3. Slooppeil ophogen
 - Vertraagt verzilting
 - Zoutconcentratie in sloten stijgt minder

Aanbevelingen onderzoek

- 1. 3D-model voor precieze invloed per locatie (geologie)
- 2. Onderzoek naar karakteristieken van de sliblaag om de river
- 3. Onderzoek naar de toekomstige zoutconcentratie in de Dintel

Slot

- *"Weten wat we weten en weten dat we niet weten wat we niet weten, dat is ware kennis."*

Copernicus (Poolse Astronoom, 1473 – 1543)

Vragen?