

BESTEMD VOOR: Schenkeveld IV B.V., Schipluiden
BETREFT: Impact brakwateronttrekking/concentraatlozing ten behoeve van omgekeerde osmose op de horizontale en verticale chlorideverdeling te Rijsenhout
PROJECTNUMMER: 2017-006
KOPIE / AFSCHRIFT: M.H.A. den Duijn, AAB Nederland, Honselersdijk
VAN: Sebastian Huizer, Philip Visser, Tristan Bergsma (Arcadis), Koen Zuurbier (KWR), Klaasjan Raat (Allied Waters)
DATUM: 4 februari 2018

Aanleiding

Schenkeveld IV B.V. heeft een vergunningaanvraag gedaan voor het realiseren van een omgekeerde osmose-installatie aan de Tijmweg 1 te Rijsenhout. Het onderhavige onderzoek is uitgevoerd in het kader van de vergunningaanvraag en is een aanvulling op de effectenstudie (laatste versie R1700462-04, d.d. 5 juli 2017) en de memo betreffende het brak/zout grensvlak (laatste versie M1700462-01, d.d. 10 oktober 2017). Beide eerdere rapporten zijn opgesteld door MOS Grondmechanica, en besproken met het bevoegd gezag (Hoogheemraadschap van Rijnland). Naar aanleiding van vragen van het Hoogheemraadschap van Rijnland ten aanzien van de potentiële verzilting, is besloten om aanvullend onderzoek uit te voeren naar de effecten van de omgekeerde osmose-installatie (specifiek: het onttrekken van brakwater en lozen van concentraat, ook wel: brijnlozing) op de chlorideverdeling (i.e. het chlorideconcentratie is een maat voor het zoutconcentratie van het grondwater).

De mogelijke impact van de beoogde activiteiten op de bestaande chlorideverdeling is bepaald met behulp van een geohydrologische modelberekening, rekening houdend met dichtheidsstroming. Hierbij is de horizontale en verticale verandering van de aanwezige chlorideverdeling van grondwater ten gevolge van de beoogde onttrekking van grondwater en infiltratie van concentraat in beeld gebracht voor een periode tot 100 jaar. Hierbij is tevens een gevoeligheidsanalyse van de verplaatsing uitgevoerd door de meest gevoelige modelparameters te variëren.

Uitgangspunten¹

De beoogde omgekeerde osmose-installatie bestaat uit twee onttrekkingsbronnen (genaamd 'feed 2' en 'feed 4') in het eerste watervoerende pakket, en één infiltratiebron ('retour 1') in het derde watervoerende pakket (Tabel 1). Voor de omgekeerde osmose-installatie is uitgegaan van een levensduur van 30 jaar.

Tabel 1. Bronnen omgekeerde osmose-installatie

Naam	X [m RD]	Y [m RD]	Bovenkant filter [m NAP]	Onderkant filter [m NAP]	Debiet [m ³ / jaar]
feed 2	108231	474817	-35	-55	125000 (onttrekking)
feed 4	108296	474760	-35	-55	125000 (onttrekking)
retour 1	108208	474839	-83	-120	125000 (infiltratie)

¹ Gedeeltelijk overgenomen uit 'Effectenstudie voor een grondwateronttrekking t.b.v. een gietwatervoorziening aan de Aalsmeerderweg / Bennebroekenweg te Rijsenhout (laatste versie R1700462-04, d.d. 5 juli 2017).

Om de potentiële horizontale en verticale verplaatsing van de chlorideverdeling door de beoogde omgekeerde osmose-installatie te bepalen, is een 3D-grondwatermodel ontwikkeld, waarbij gebruik is gemaakt van de modelcode SEAWAT, die is ontwikkeld door de United States Geological Survey (USGS). Dit model is opgesteld aan de hand van de volgende uitgangspunten/kenmerken:

- Als afstand van de projectlocatie tot de modelrand is in deze studie gekozen voor een afstand van minimaal 3.000 m (drie keer spreidingslengte) om zeker te zijn dat er geen randeffecten ter plaatse van de projectlocatie optreden.
- De geohydrologische schematisatie van het model is gebaseerd op het hydrogeologische model REGIS II (versie 2.2; meest recent), waarbij het eerste kleipakket uit de Formatie van Maassluis is beschouwd als de geohydrologische basis van het model (zie Tabel 2).
- De horizontale en verticale doorlatendheid van de Holocene deklaag is bepaald op basis van de meest waarschijnlijke lithoklassen uit het gedetailleerde ondergrondmodel GeoTOP (versie 1.3).
- De laagopbouw onder de deklaag is nader onderverdeeld in 34 lagen t.b.v. de modelberekeningen met dichtheidsstroming, met laagdikten van maximaal 5 tot 10 meter (ca. 5 m tot een diepte van -120 m NAP, ca. 10 m vanaf -120 m NAP).

In Tabel 2 is de geohydrologische schematisering ter plaatse van de projectlocatie weergegeven. Hierin zijn niet alle in het modelgebied voorkomende geologische formaties weergegeven. Alle in REGIS II voorkomende formaties binnen de modelgrenzen zijn meegenomen in de modellering.

Tabel 2. Bodemopbouw en geohydrologische interpretatie ter plaatse van de projectlocatie

Top [m NAP]	Basis [m NAP]	Formatie	Geohydrologische interpretatie	Horizontale doorlatendheid [m d ⁻¹]	Verticale doorlatendheid [m d ⁻¹]
-5	-11	Holoceen	Deklaag	0.1 tot 10	0.001 tot 0.02
-11	-14	Boxtel	Watervoerend pakket 1	3.5 tot 4.5	1,75 tot 2.25
-14	-33	Kreftenheye		25 tot 40	12.5 tot 20
-33	-46	Urk		30 tot 30	15 tot 20
-46	-60	Sterksel		25 tot 30	12.5 tot 15
-60	-61	Sterksel	Scheidende laag 1	0.15 tot 0.35	0.015 tot 0.035
-61	-72	Sterksel	Watervoerend pakket 2	25 tot 40	12.5 tot 20
-70	-78	Waalre	Scheidende laag 2	0.03 tot 0.1	0.003 tot 0.01
-83	-175	Peize en Waalre	Watervoerend pakket 3	35 tot 60	17.5 tot 30
-175	-178	Maassluis		12	6
-178		Maassluis	Geohydrologische basis	n.v.t.	0.003

Ten aanzien van de randvoorwaarden in het model zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

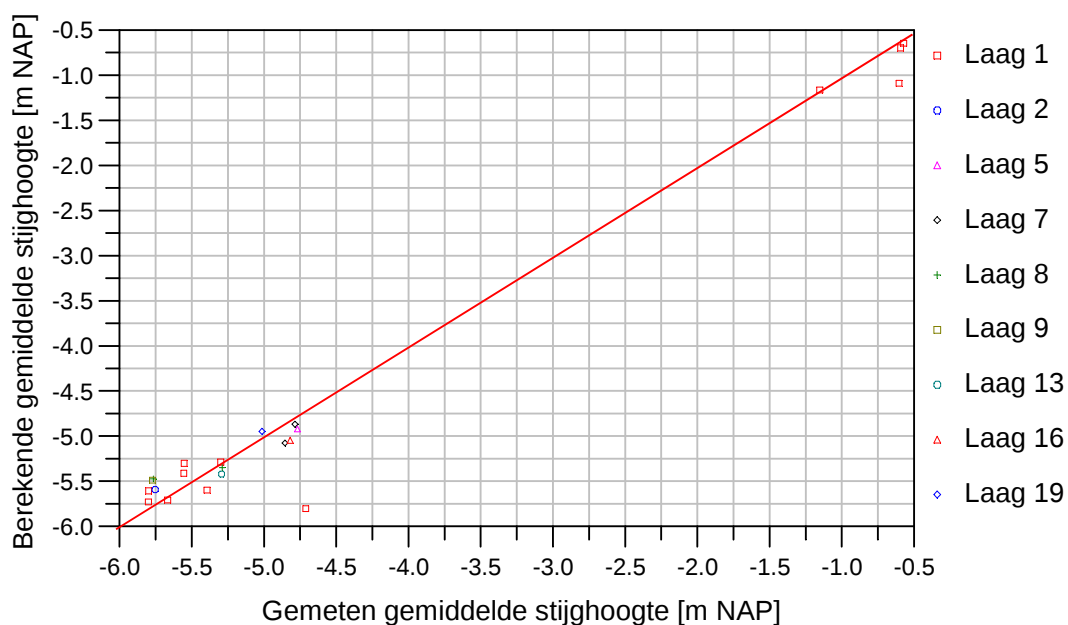
- De stijghoogten op de modelranden zijn vastgelegd aan de hand van gemiddelde stijghoogten van in DINOloket beschikbare peilbuizen en REGIS-isohypsen.
- Voor de initiële verdeling van de chlorideconcentraties in het grondwatersysteem – en de concentraties op de modelranden – is uitgegaan van de door het Hoogheemraadschap van Rijnland geleverde ASCII-bestanden (uit het zip-bestand 'Chloride Conc HHMpolder.zip', d.d. 3 november 2017), met de door Deltares berekende chlorideconcentraties over 40 lagen.
- De omvang, waterpeilen en bodemhoogte van het oppervlaktewatersysteem zijn gebaseerd op GIS-gegevens, die via de website van het Hoogheemraadschap van Rijnland zijn opgevraagd. De weerstanden van het oppervlaktewatersysteem zijn geschat op basis van peilbuisgegevens (nabij waterlopen).

- Voor de chlorideconcentraties van het oppervlaktewatersysteem is uitgegaan van gemiddeld 100 mg/l chloride voor het boezemwater (i.e. Westeinderplassen) en 2.000 mg/l voor het poldersysteem (i.e. Haarlemmermeerpolder). (bron: waterkwaliteitsgegevens van het Informatiehuis Water, Gebiedsdocument Westeinderplassen, d.d. 30 oktober 2013.)
- De grondwateraanvulling in het modelgebied is gebaseerd op het langjarig gemiddelde neerslagoverschot als bepaald door het KNMI voor de periode 1981 – 2010: ca. 300 mm per jaar, oftewel 0.82 mm per dag.

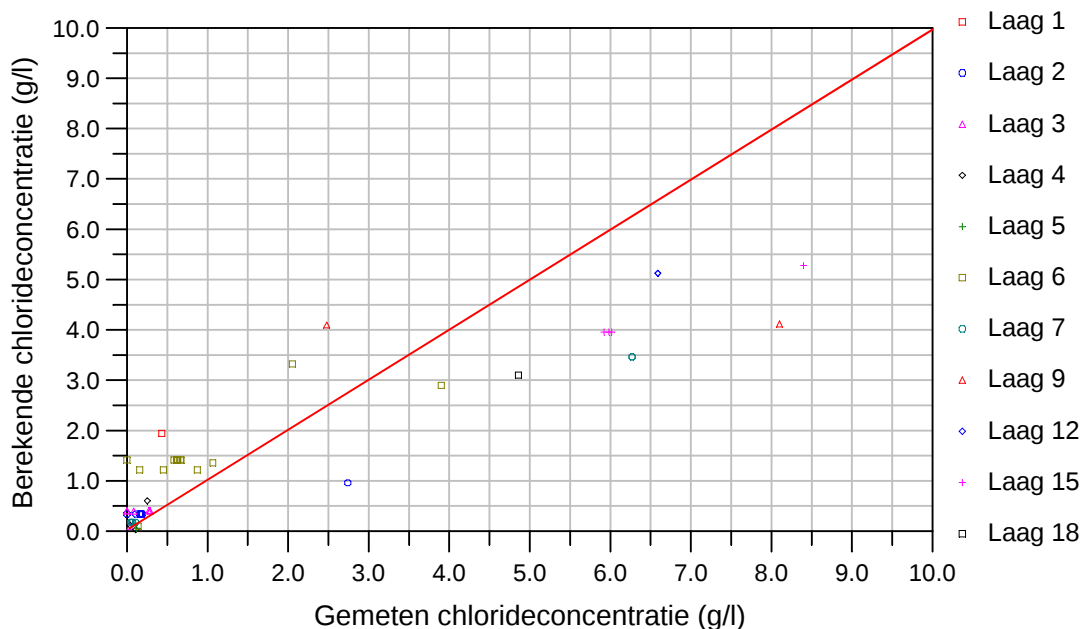
Verificatie model

Om de opzet van het model te verifiëren, zijn de berekende stationaire stijghoogten vergeleken met gemiddelde stijghoogten van peilbuizen uit DINOloket (Figuur 1): de gemiddelde afwijking tussen de berekende en gemeten gemiddelde stijghoogte is 0.06 m, en de absoluut gemiddelde afwijking 0.20 m. De grootste afwijkingen treden op nabij overgangen van boezemwater (waterpeil -0.6 m NAP) naar polderwater (waterpeil -6.27 m NAP).

De relatief kleine afwijkingen tussen de gemeten en berekende stijghoogten wijzen erop dat het model een betrouwbaar beeld geeft van de stijghoogten, maar de hoeveelheid metingen zijn beperkt en bovendien in grote mate beperkt tot de deklaag en het eerste watervoerende pakket. Voor de dieper gelegen watervoerende pakketten bestaat dan ook een grotere onzekerheid ten aanzien van de berekende stijghoogten.



Figuur 1. Gemeten en berekende gemiddelde stijghoogte [m] in het modelgebied



Figuur 2. Gemeten en berekende gemiddelde chlorideconcentratie [m] in het modelgebied

Om een indruk te krijgen van de betrouwbaarheid en onzekerheid van de (aangeleverde) initiële chlorideverdeling zijn de chlorideconcentraties vergeleken met gemeten chlorideconcentraties uit peilbuizen in DINOLOket (Figuur 2). Alle in DINOLOket beschikbare chloridemetingen binnen het modelgebied zijn weergegeven in deze figuur (monsterdatum varieert van 1902 t/m 2011). Hieruit volgt dat de chlorideconcentratie in de deklaag en bovenin het eerste watervoerende pakket wordt overschat (bij concentraties lager dan 2 g/l Cl), en dat de chlorideconcentratie in het dieper gelegen watervoerende pakket substantieel wordt onderschat (bij concentraties hoger dan 3 g/l Cl). Met andere woorden: de initiële chlorideverdeling is ondiep in werkelijkheid zoeter, en in de diepte zouter.

Methode

Om de potentiële effecten van de gecombineerde brakwater onttrekking en concentraatlozing in beeld te brengen, zijn een aantal scenario's stationair doorgerekend met het bovengenoemde model (Tabel 3). Naast de 'best-guess' van de huidige situatie zijn twee aanvullende scenario's doorgerekend, waarbij de meest gevoelige modelparameters – i.e. de initiële chlorideverdeling en de weerstand van de tweede scheidende laag (Waalre klei) zijn verhoogd met de in REGIS II aangegeven standaarddeviatie van gemiddeld 0.0025 m/d.

- De initiële chlorideverdeling is vermenigvuldigd met een factor 1.5, zodat de berekende chlorideconcentraties boven de 3 g/l naar benadering overeenkomen met de gemeten chlorideconcentratie.
- De verticale doorlatendheden van de tweede scheidende laag (Waalre klei) zijn verhoogd met de in REGIS II aangegeven standaarddeviatie van gemiddeld 0.0025 m/d.

De aanpassingen van beide modelparameters leiden ertoe dat de initiële chlorideverdeling aanzienlijk zouter wordt (in overeenstemming met de metingen) (S3) of dat er meer zouter grondwater vanuit het derde watervoerende pakket kan worden aangetrokken (S4).

Tabel 3. Modelscenario's

Nr.	Omschrijving	Aanpassing
S1	Referentie	Huidige situatie zonder omgekeerde osmose
S2	'Best guess'	Huidige situatie met omgekeerde osmose
S3	'Worst case' 1	Initiële chlorideverdeling vermenigvuldigd met factor 1.5
S4	'Worst case' 2	Doorlatendheid Waalre klei verhoogd met de standaarddeviatie

In alle scenario's is gerekend met een bedrijfsvoering van de omgekeerde osmose van 30 jaar. Om de volledige impact van de brakwateronttrekking en concentraatlozing ten behoeve van omgekeerde osmose op de chlorideverdeling in beeld te brengen, zijn alle modelscenario's doorgerekend voor een periode van 100 jaar (dus tot 70 jaar na stopzetting van de huidige installatie). De concentratie van het concentraat ('brijnwater') is gebaseerd op de chlorideconcentratie van het onttrokken grondwater (uit het 'best guess'-scenario), waarbij de chlorideconcentratie van het brijnwater een factor 2 groter is dan die van het onttrokken grondwater.

Resultaten

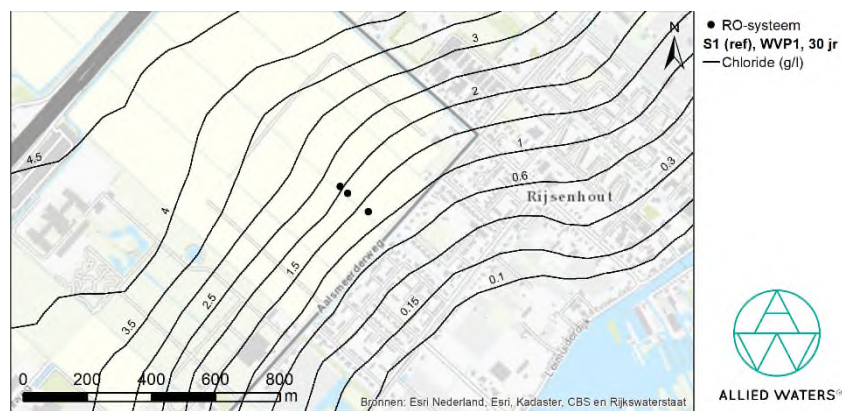
In Figuur 3 t/m 26 zijn de horizontale contouren met de chlorideconcentratie voor (S1) de referentiesituatie, (S2) het best guess-scenario, (S3) de verhoging initiële chlorideverdeling, (S4) de verhoging doorlatendheid Waalre klei weergegeven na 30 jaar (einde bedrijfsvoering omgekeerde osmose, na 50 jaar, en na 100 jaar. De contouren zijn ter plaatse van de onttrekkingsfilters (hoogte van -40 tot -44 m NAP), en ter plaatse van de infiltratiefilters (hoogte van -96 tot -102 m NAP).

Na een periode van 30 jaar onttrekkingen en infiltraties ten behoeve van de omgekeerde osmose is een kleine horizontale verschuiving (maximaal 100 m) in de chlorideconcentraties waar te nemen nabij de bronnen:

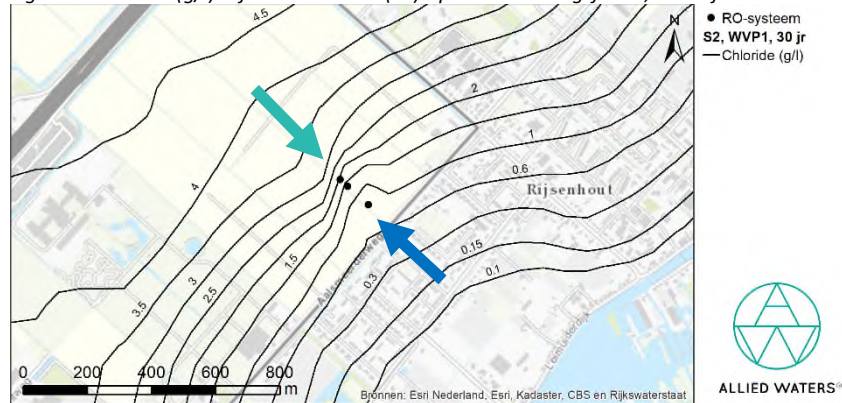
- Door het aantrekken van zouter grondwater ten noordwesten van de bronnen kan ter plaatse van de onttrekkingsfilters lokaal de chlorideconcentratie licht stijgen ten opzichte van de referentiesituatie.
- Door het aantrekken van zoeter grondwater ten zuidoosten van de bronnen kan ter plaatse van de onttrekkingsfilters lokaal de chlorideconcentratie licht dalen ten opzichte van de referentiesituatie.

Na een periode van 100 jaar zijn er vrijwel geen verschillen meer waar te nemen tussen de referentiesituatie en het 'best guess'-scenario. De 'worst case'-scenario's (S3 en S4) tonen aan dat de absolute chlorideconcentraties in werkelijkheid hoger kunnen liggen, maar de omvang van het invloedsgebied van de onttrekkingen zijn vergelijkbaar met het 'best guess'-scenario (S2).

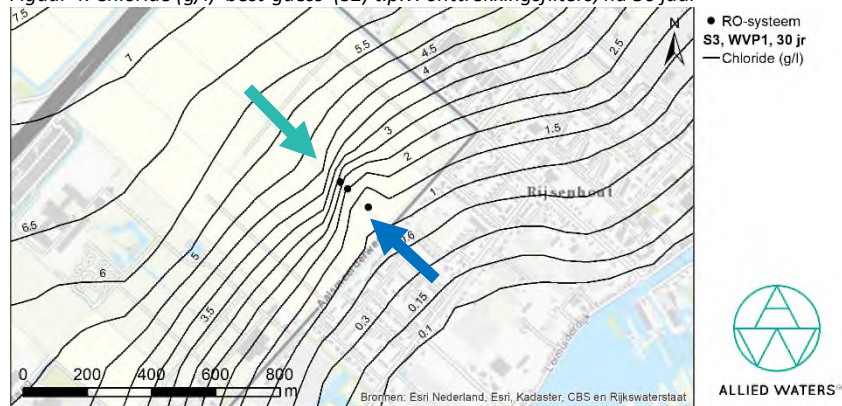
Uit berekeningen met (S2) het 'best guess'-scenario volgt een gemiddelde brijnwaterconcentratie van 3.5 g/l chloride. De lozing van brijnwater met deze concentraties in het derde watervoerende pakket leidt lokaal tot een lichte daling van de chlorideconcentratie, omdat deze concentratie onder de huidige chlorideconcentraties van het derde watervoerende pakket ligt.



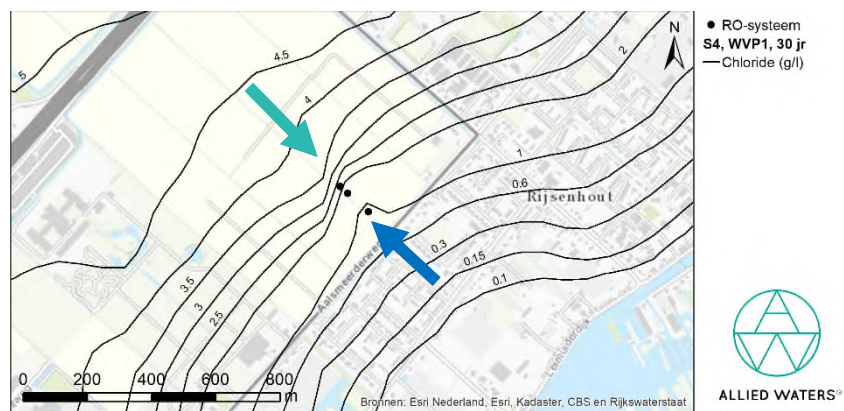
Figuur 3. Chloride (g/l) referentiesituatie (S1) t.p.v. onttrekkingsfilters, na 30 jaar



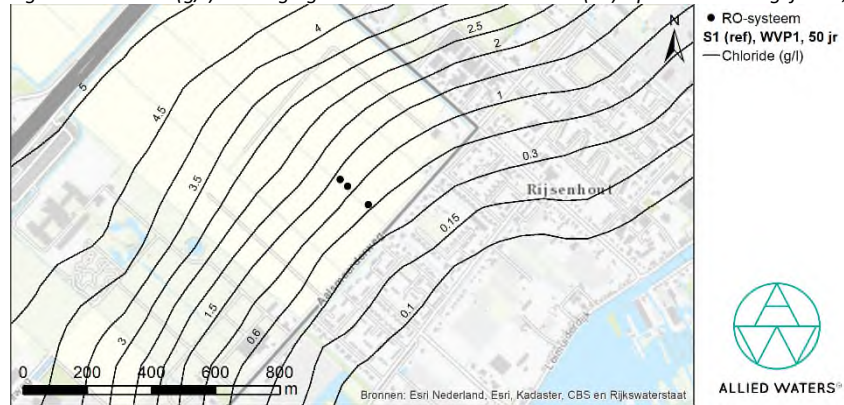
Figuur 4. Chloride (g/l) 'best-guess' (S2) t.p.v. onttrekkingsfilters, na 30 jaar



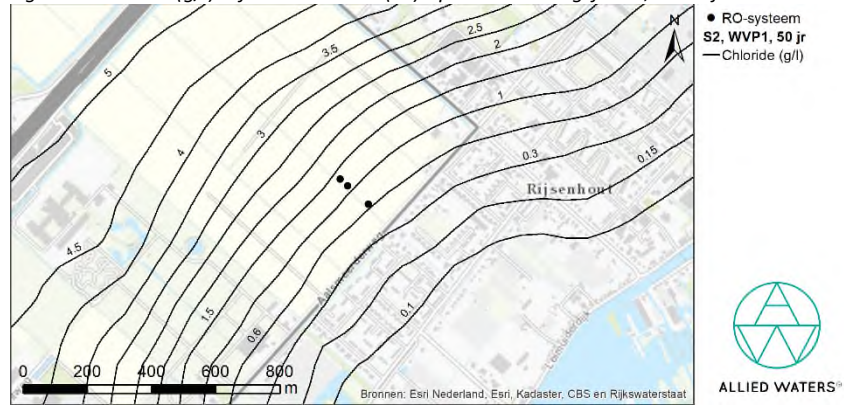
Figuur 5. Chloride (g/l) 'verhoging initiële chlorideverdeling' (S3) t.p.v. onttrekkingsfilters, na 30 jaar



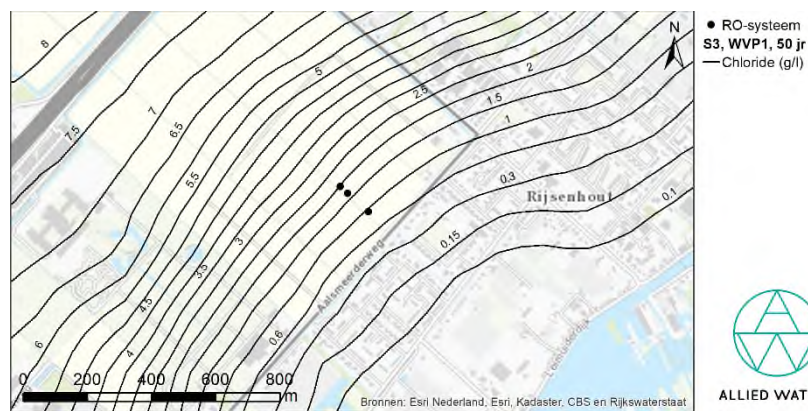
Figuur 6. Chloride (g/l) 'verhoging doorlatendheid Waalre klei' (S4) t.p.v. onttrekkingsfilters, na 30 jaar



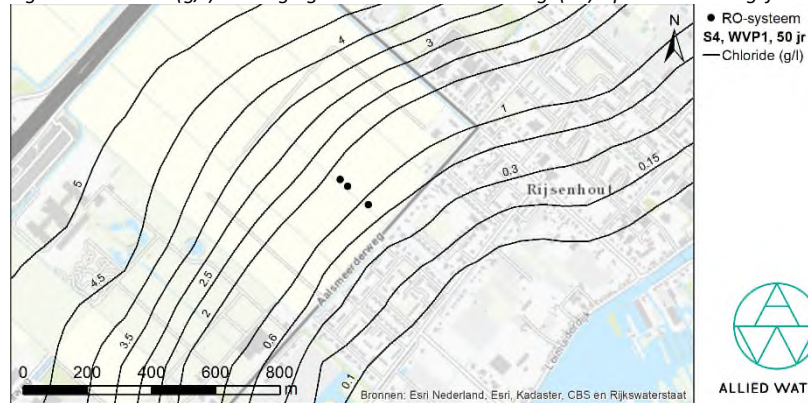
Figuur 7. Chloride (g/l) referentiesituatie (S1) t.p.v. onttrekkingsfilters, na 50 jaar



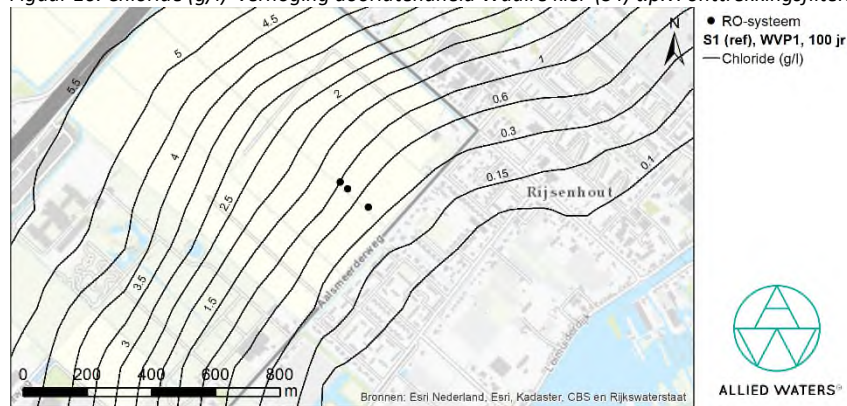
Figuur 8. Chloride (g/l) 'best-guess' (S2) t.p.v. onttrekkingsfilters, na 50 jaar



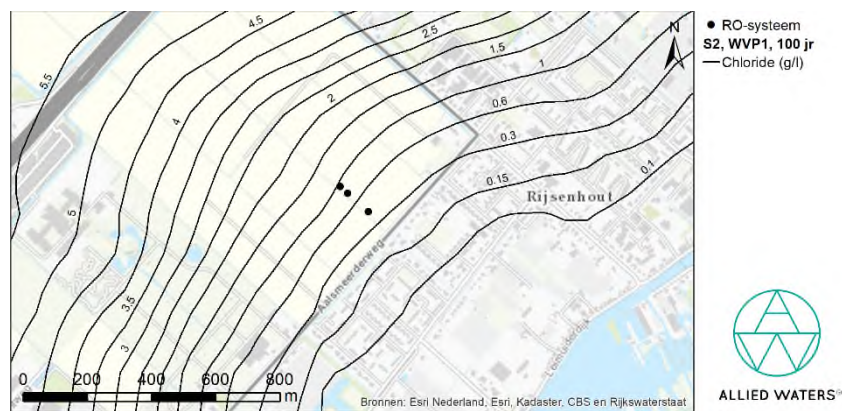
Figuur 9. Chloride (g/l) 'verhoging initiële chlorideverdeling' (S3) t.p.v. onttrekkingsfilters, na 50 jaar



Figuur 10. Chloride (g/l) 'verhoging doorlatendheid Waalre klei' (S4) t.p.v. onttrekkingsfilters, na 50 jaar



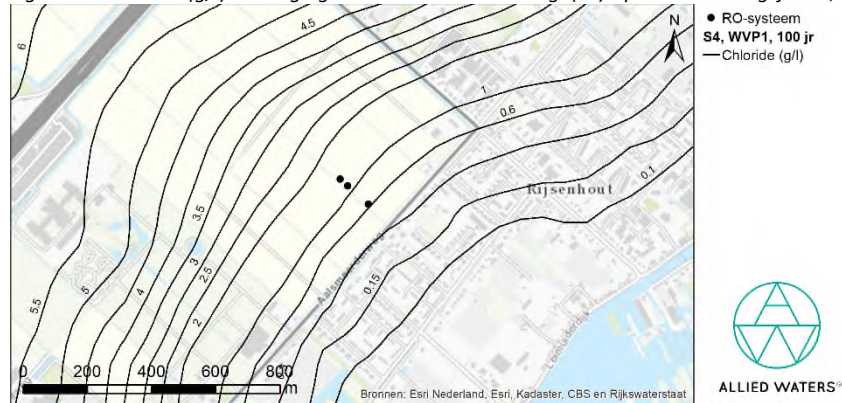
Figuur 11. Chloride (g/l) referentiesituatie (S1) t.p.v. onttrekkingsfilters, na 100 jaar



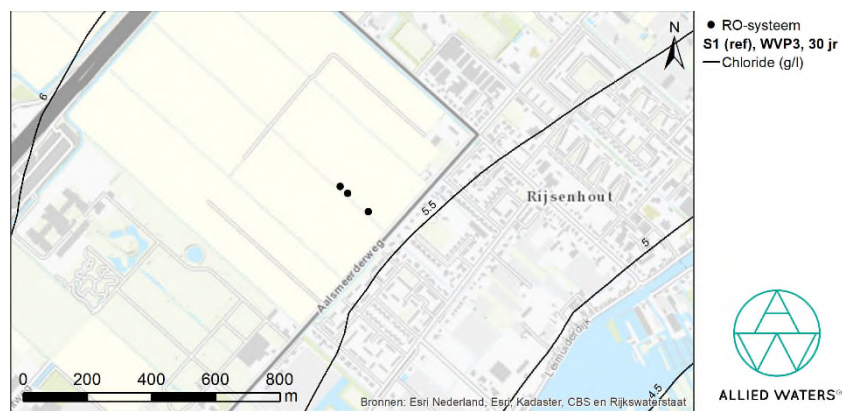
Figuur 12. Chloride (g/l) 'best-guess' (S2) t.p.v. onttrekkingsfilters, na 100 jaar



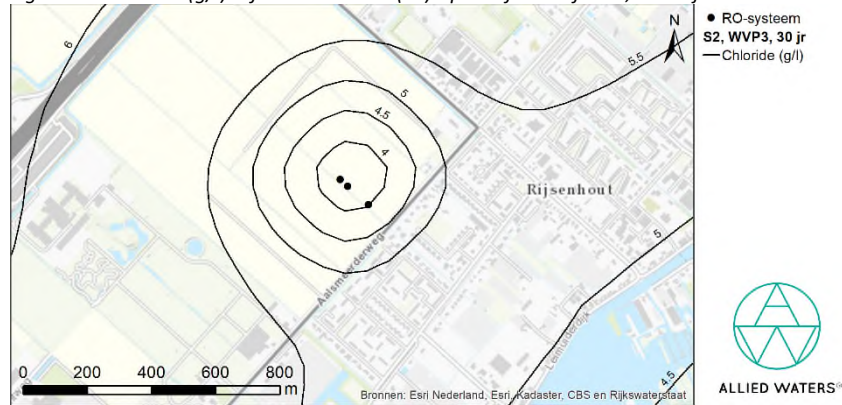
Figuur 13. Chloride (g/l) 'verhoging initiële chlorideverdeling' (S3) t.p.v. onttrekkingsfilters, na 100 jaar



Figuur 14. Chloride (g/l) 'verhoging doorlatendheid Waalse klei' (S4) t.p.v. onttrekkingsfilters, na 100 jaar



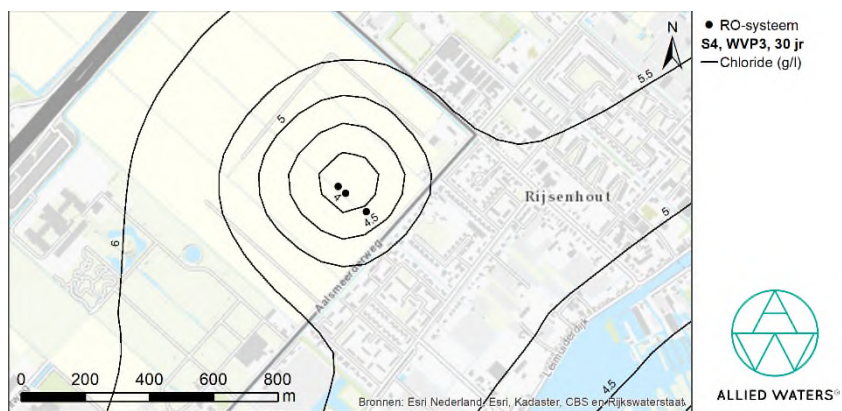
Figuur 15. Chloride (g/l) referentiesituatie (S1) t.p.v. infiltratiefilters, na 30 jaar



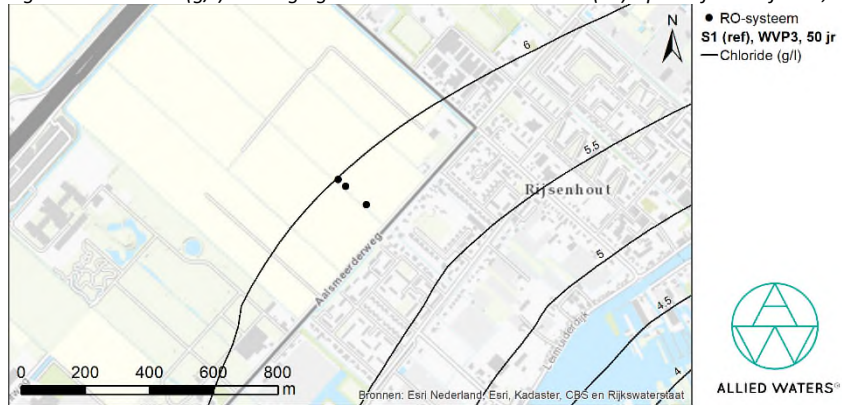
Figuur 16. Chloride (g/l) 'best-guess' (S2) t.p.v. infiltratiefilters, na 30 jaar



Figuur 17. Chloride (g/l) 'verhoging initiële chlorideverdeling' (S3) t.p.v. infiltratiefilters, na 30 jaar



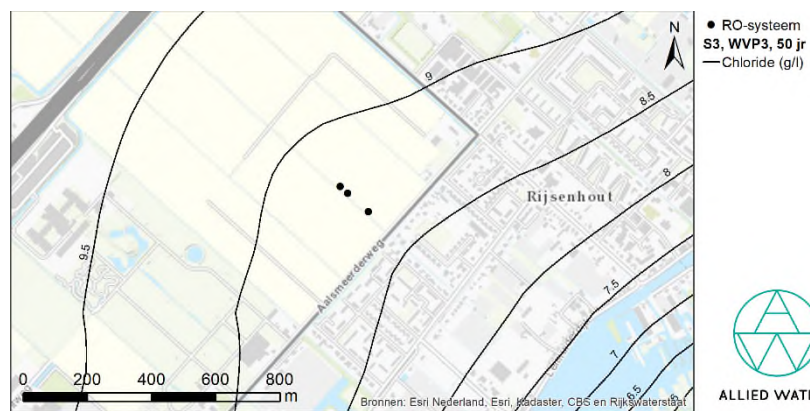
Figuur 18. Chloride (g/l) 'verhoging doorlatendheid Waalse klei' (S4) t.p.v. infiltratiefilters, na 30 jaar



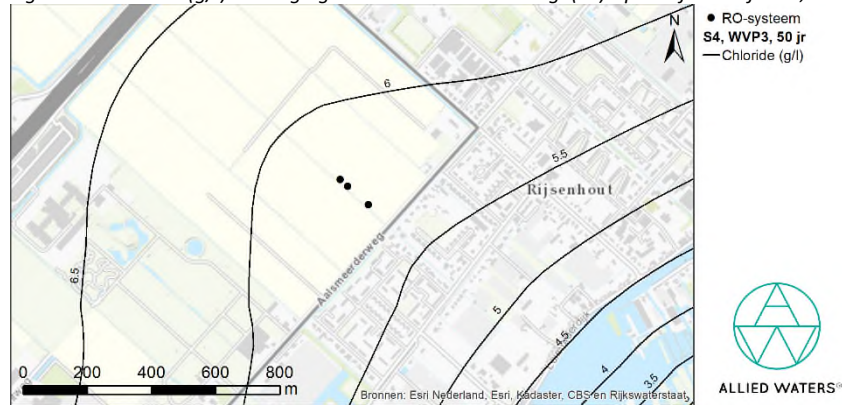
Figuur 19. Chloride (g/l) referentiesituatie (S1) t.p.v. infiltratiefilters, na 50 jaar



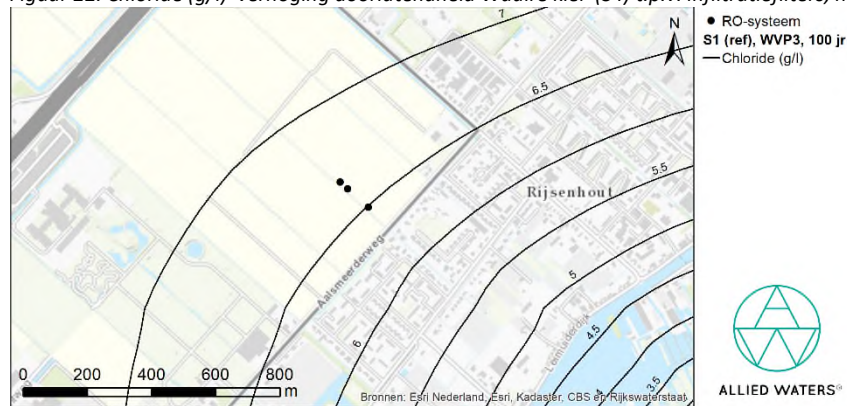
Figuur 20. Chloride (g/l) 'best-guess' (S2) t.p.v. infiltratiefilters, na 50 jaar



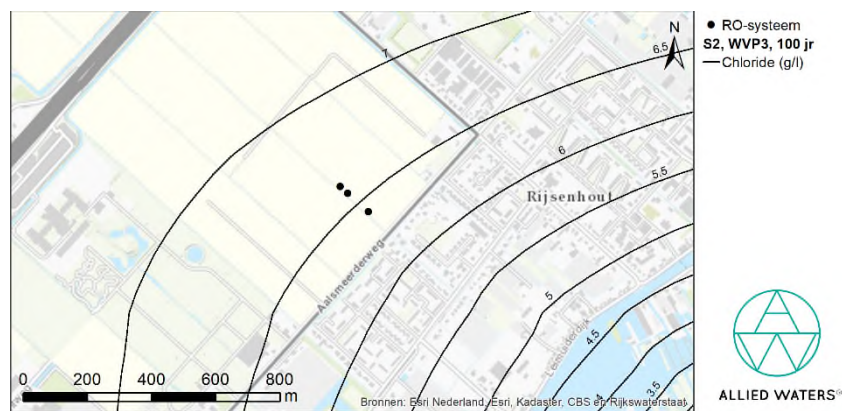
Figuur 21. Chloride (g/l) 'verhoging initiële chlorideverdeling' (S3) t.p.v. infiltratiefilters, na 50 jaar



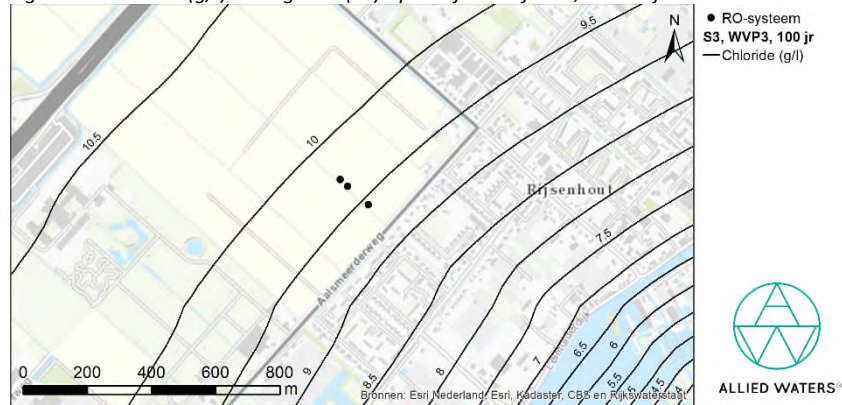
Figuur 22. Chloride (g/l) 'verhoging doorlatendheid Waalre klei' (S4) t.p.v. infiltratiefilters, na 50 jaar



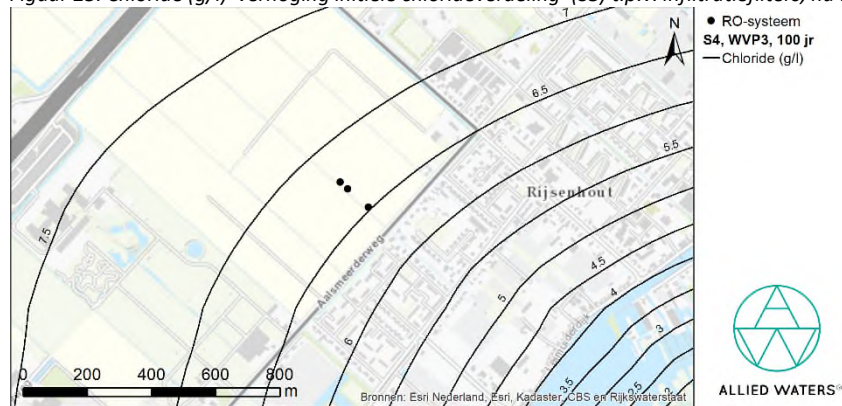
Figuur 23. Chloride (g/l) referentiesituatie (S1) t.p.v. infiltratiefilters, na 100 jaar



Figuur 24. Chloride (g/l) 'best-guess' (S2) t.p.v. infiltratiefilters, na 100 jaar



Figuur 25. Chloride (g/l) 'verhoging initiële chlorideverdeling' (S3) t.p.v. infiltratiefilters, na 100 jaar



Figuur 26. Chloride (g/l) 'verhoging doorlatendheid Waalre klei' (S4) t.p.v. infiltratiefilters, na 100 jaar

In Figuur 27 t/m 38 zijn de verticale contouren met de chlorideconcentratie voor (S1) de referentiesituatie, (S2) het 'best guess'-scenario, (S3) de verhoging initiële chlorideverdeling, (S4) de verhoging doorlatendheid Waalre klei weergegeven na 30 jaar (einde bedrijfsvoering omgekeerde osmose), na 50 jaar, en na 100 jaar.

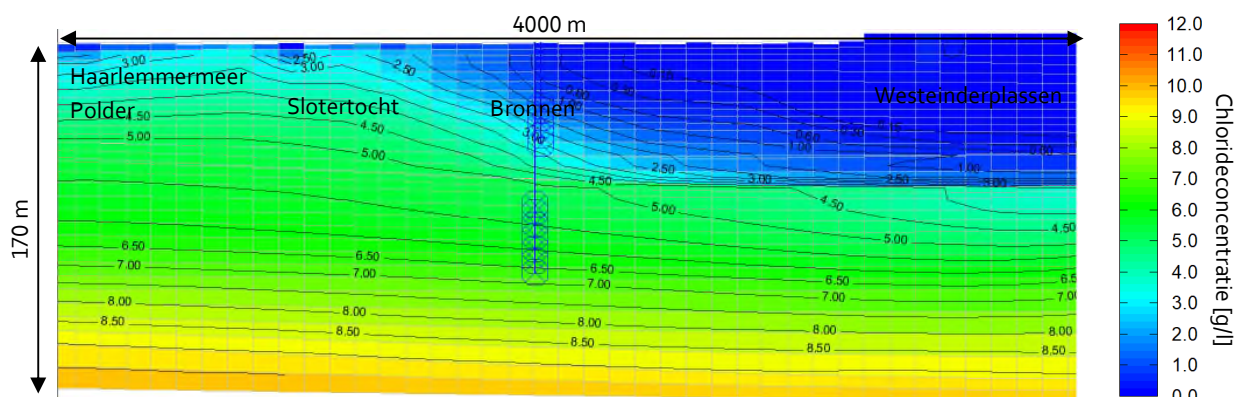
In de verticale verdelingen van de chlorideconcentratie is hetzelfde patroon waar te nemen als aangegeven bij het bovenaanzicht in Figuur 3 t/m 26: uit de omgeving wordt zoeter grondwater aangetrokken vanuit de Westeinderplassen (gelegen zuidoostelijk van het systeem), en zouter grondwater vanuit de zoutere delen van de Haarlemmermeerpolder en

dieper gelegen bodemlagen. Voor de horizontale en verticale verplaatsingen geldt dat het in beide situaties gaat om kleine verschuivingen in de chlorideconcentratie, die optreden tot enkele honderden meters vanaf de filters van de bronnen.

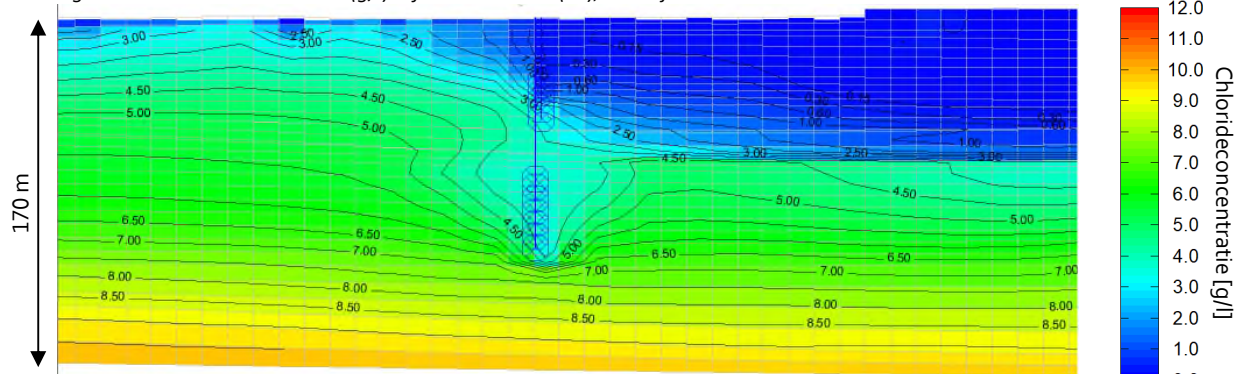
Zoals aangegeven volgt uit de berekeningen met (S2) het 'best guess'-scenario een gemiddelde brijnwaterconcentratie van 3.5 g/l chloride. De infiltratie van brijnwater met deze concentraties in het derde watervoerende pakket leidt lokaal (horizontaal en verticaal) tot een lichte daling van de chlorideconcentratie, omdat deze concentratie onder de huidige chlorideconcentraties van de derde watervoerende pakketten ligt.

Bij een hogere initiële chlorideconcentratie (S3) treden dezelfde patronen op: uit de omgeving wordt zoeter grondwater aangetrokken vanuit de Westeinderplassen (gelegen zuidoostelijk van het systeem), en zouter grondwater vanuit de zoutere delen van de Haarlemmermeerpolder en dieper gelegen bodemlagen. Maar door de hogere chlorideconcentratie kan de absolute verschuiving hoger zijn. De berekeningen geven echter aan dat het wederom gaat om lokale verschuivingen, grotendeels op het eigen terrein van de vergunningaanvrager. Bij de toename van de doorlatendheid van de Waalre kleilaag (S4) zijn de verschillen met het 'best guess'-scenario verwaarloosbaar.

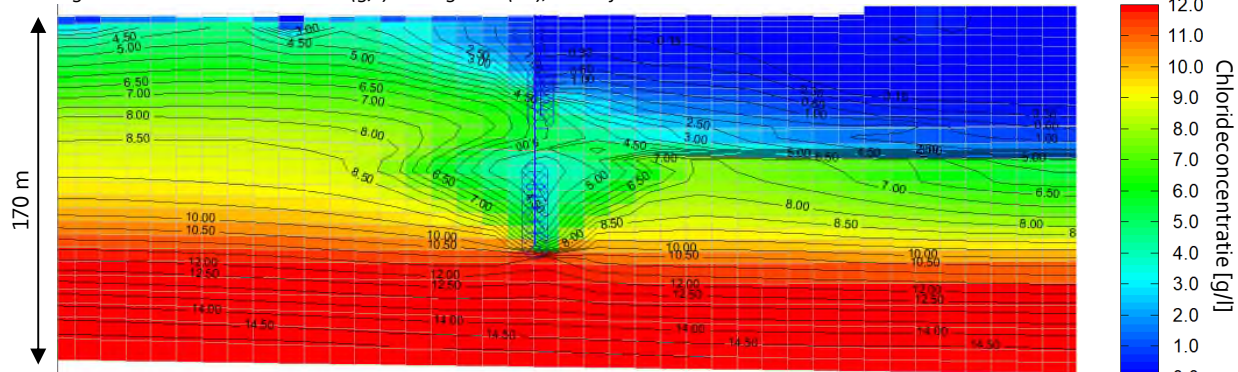
Na een periode van 100 jaar zijn er verschillen in de chlorideverdeling van de referentiesituatie en het 'best guess'-scenario eveneens klein tot verwaarloosbaar.



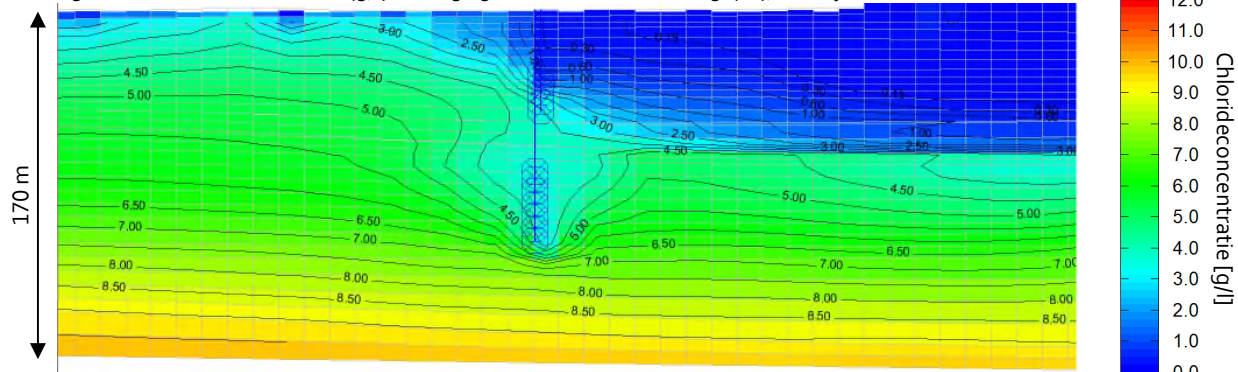
Figuur 27. Chlorideconcentratie (g/l) referentiesituatie (S1), na 30 jaar



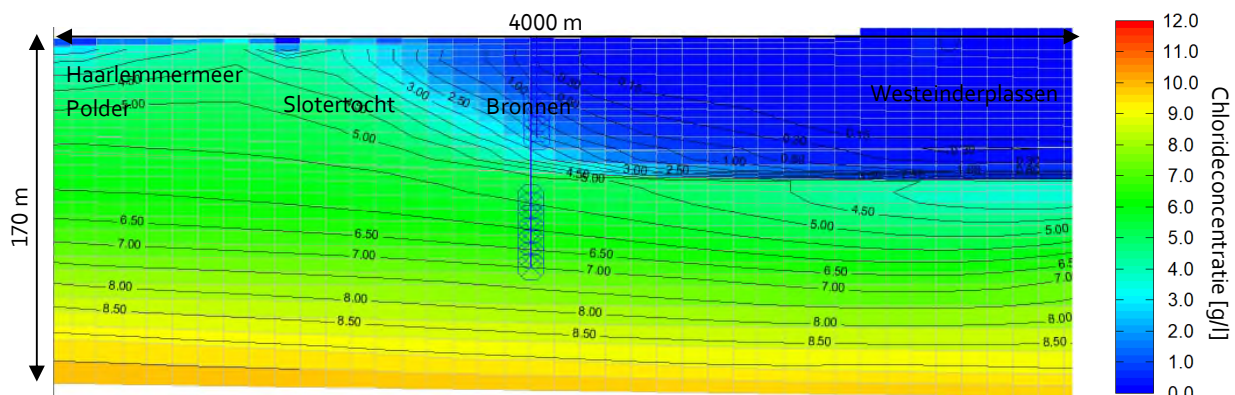
Figuur 28. Chlorideconcentratie (g/l) 'best-guess' (S2), na 30 jaar



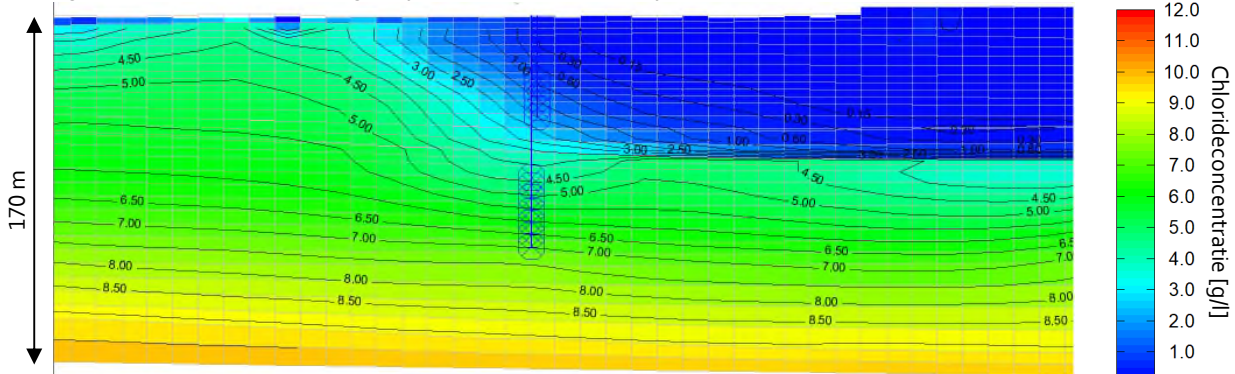
Figuur 29. Chlorideconcentratie (g/l) 'verhoging initiële chlorideverdeling' (S3), na 30 jaar



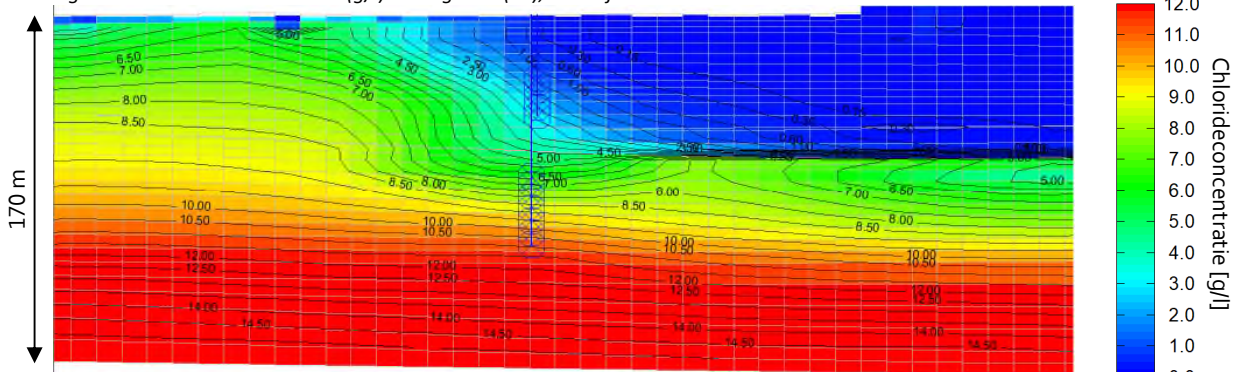
Figuur 30. Chlorideconcentratie (g/l) 'verhoging doorlatendheid Waalre klei' (S4), na 30 jaar



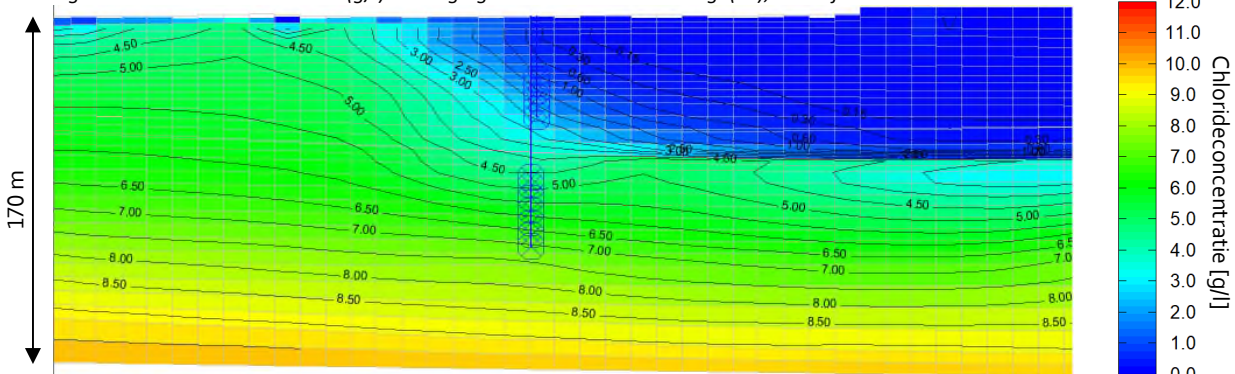
Figuur 31. Chlorideconcentratie (g/l) referentiesituatie (S1), na 50 jaar



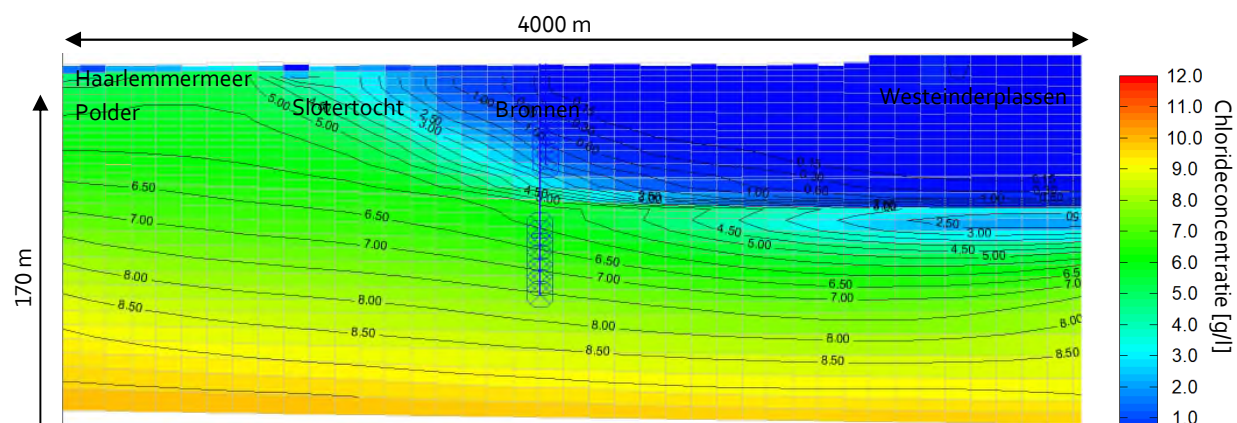
Figuur 32. Chlorideconcentratie (g/l) 'best-guess' (S2), na 50 jaar



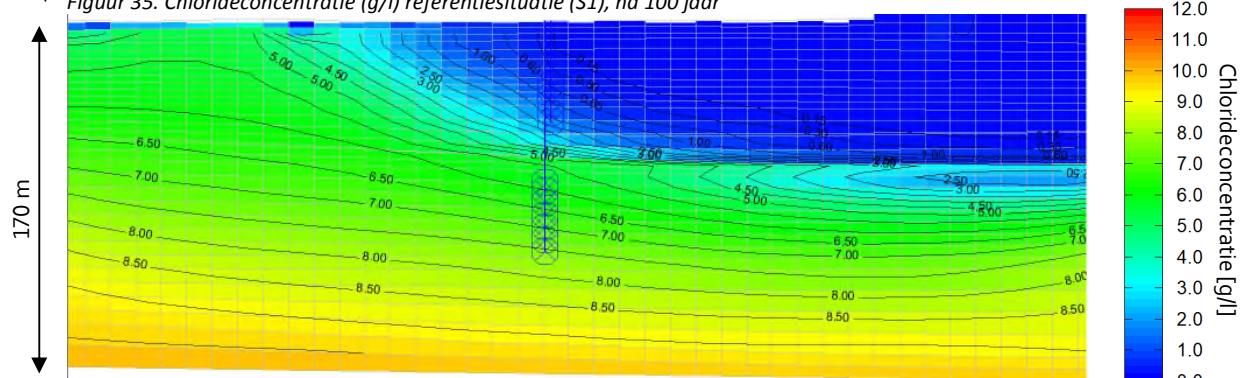
Figuur 33. Chlorideconcentratie (g/l) 'verhoging initiële chlorideverdeling' (S3), na 50 jaar



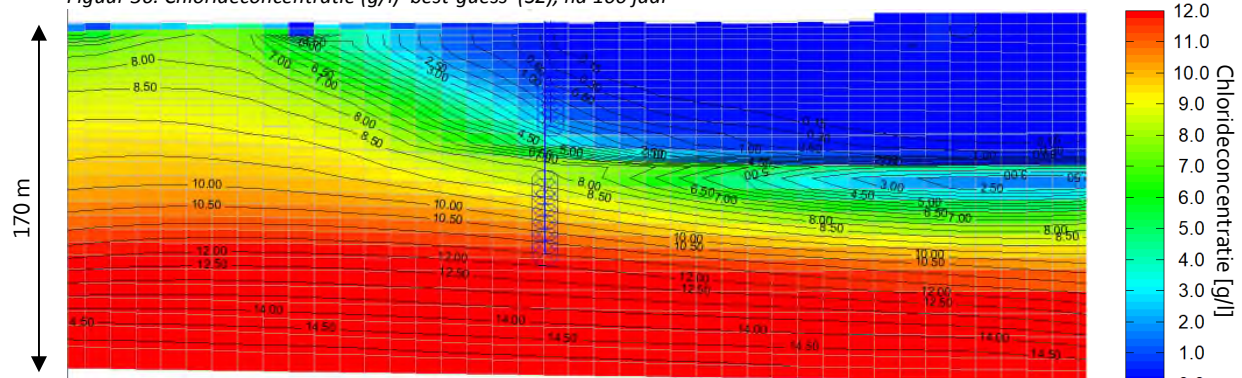
Figuur 34. Chlorideconcentratie (g/l) 'verhoging doorlatendheid Waalre klei' (S4), na 50 jaar



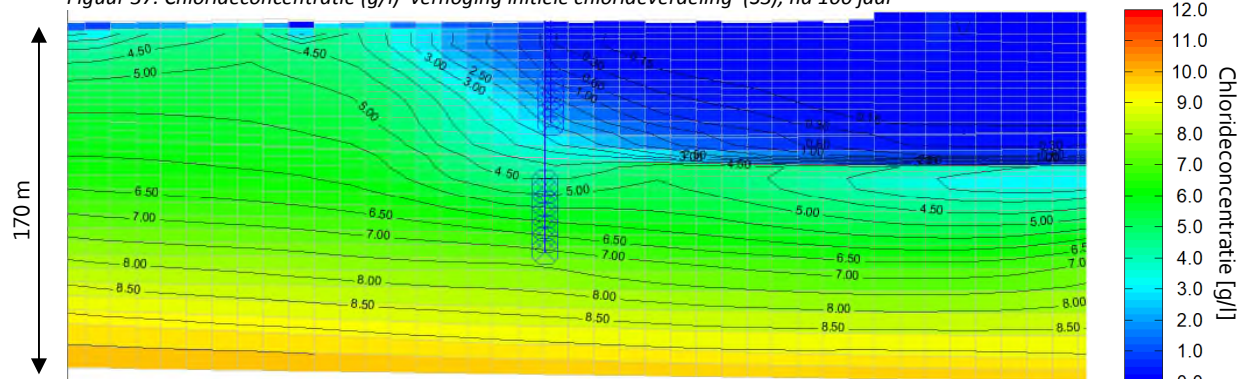
Figuur 35. Chlorideconcentratie (g/l) referentiesituatie (S1), na 100 jaar



Figuur 36. Chlorideconcentratie (g/l) 'best-guess' (S2), na 100 jaar



Figuur 37. Chlorideconcentratie (g/l) 'verhoging initiële chlorideverdeling' (S3), na 100 jaar



Figuur 38. Chlorideconcentratie (g/l) 'verhoging doorlatendheid Waalre klei' (S4), na 100 jaar

Conclusies

Uit de berekeningen blijkt dat de beoogde onttrekking van grondwater ten behoeve van de omgekeerde osmose leidt tot kleine horizontale (maximaal enkele honderden meters) en verticale verplaatsingen in de chlorideverdeling in het eerste watervoerend pakket. In alle scenario's gaat het om lokale veranderingen die optreden tot maximaal enkele honderden meters vanaf de filters van de bronnen. De grootste veranderingen zullen dan ook beperkt blijven tot het eigen terrein.

De infiltratie ('lozing') van brijnwater in het derde watervoerende pakket leidt in alle modelscenario's tot lichte daling van de chlorideconcentratie in dat pakket. De daling wordt veroorzaakt doordat het onttrokken grondwater een relatief lage chlorideconcentratie bevat, die vooral te danken is aan het aantrekken van het relatief zoete water uit de Westeinderplassen. Verschillen in de initiële chlorideverdeling, of in de verdeling van het aangetrokken grondwater, kunnen in de praktijk leiden tot hogere brijnwaterconcentraties. Wij raden dan ook aan om de chlorideconcentratie van het onttrokken grondwater te monitoren in de startfase van de installatie.

In geen van de scenario's treedt verhoging van de chlorideconcentratie in het kwelwater naar watergangen op.

Met de voorgenomen filterstelling ten opzichte van de aanwezige slechtdoorlatende lagen is in geen van de scenario's kortsluitstroming (het snel aantrekken van brijn door de onttrekkingsbronnen, waardoor door op korte termijn hoge zoutconcentraties ontstaan) te verwachten.