

**Pilot automatiseren van
inlaten in de Haarlemmermeer**



Pilot automatiseren van inlaten in de Haarlemmermeer

Joost Delsman (Deltares)
Patricia Trambauer (Deltares)
Cor van Marion (CB Flevoland)
Bert Boers (CB Flevoland)

1230703-000

Titel

Pilot automatiseren van inlaten in de Haarlemmermeer

OpdrachtgeverHoogheemraadschap van
Rijnland**Project**




1230703-000

Kenmerk

1230703-000-BGS-0004

Pagina's

16

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	dec. 2016	Joost Delsman (Deltares)		Neeltje Goorden		Marijn Kuijper	
		Patricia Trambauer					
		Cor van Marion (CB Flevoland)					
		Bert Boers (CB Flevoland)					

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
2 Verzilting in de Haarlemmermeer	2
3 De CB Greenbox	4
3.1 Stuwautomatisering	4
3.2 Plaatsing op inlaten Haarlemmermeer	4
3.3 Software aanpassingen CB Greenbox	5
4 Automatiseren inlaten Haarlemmermeer	6
4.1 Geautomatiseerde operationele sturing	6
4.2 Koppeling Sobek-model aan RTC Tools via Delft-FEWS	6
4.3 Bepalen locatie EC meetpunt	7
4.4 Scenario-berekeningen FEWS	8
4.5 Resultaten	8
4.6 Input van waterbeheerders	12
4.7 Sturingsprotocol	12
5 Resultaten	14
6 Conclusies en aanbevelingen	16
6.1 Conclusies	16
6.2 Aanbevelingen	16
Bijlage(n)	
A Schermen portaal CB-log.nl	A-1

1 Inleiding

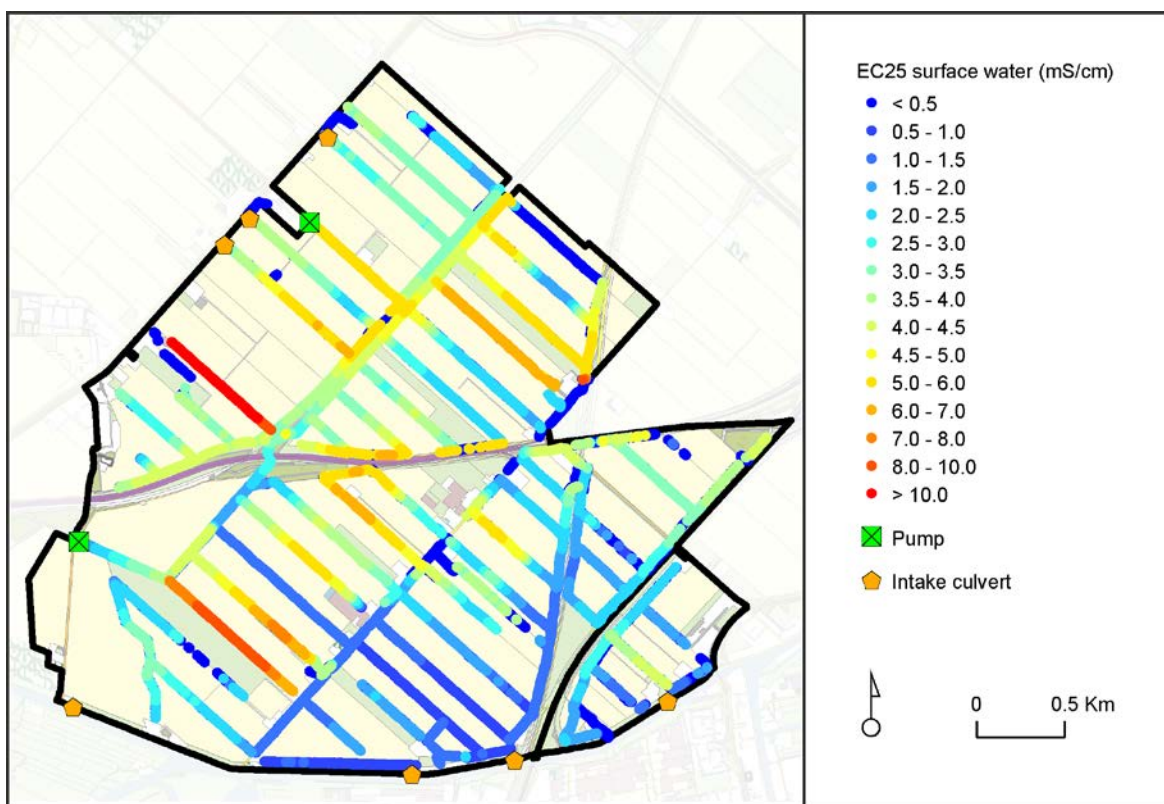
In de Haarlemmermeerpolder verzilt het oppervlaktewater door opwellend zout grondwater. Deze verzilting zal de komende decennia verder toenemen. Tegelijkertijd staat de aanvoer van voldoende zoetwater voor inlaten en doorspoelen steeds meer onder druk. Genoeg redenen dus om de zoetwatervoorziening van de polder tegen het licht te houden. De doelmatigheid en efficiëntie van het huidige inlaat- en doorspoelbeheer in de Haarlemmermeerpolder is niet helemaal duidelijk. Daarom is ook onduidelijk of met de huidige hoeveelheid inlaatwater efficiënter kan worden omgegaan, of dat met minder inlaatwater dezelfde doelen bereikt kunnen worden.

Momenteel wordt in het beheer van de kleine inlaten rond de Haarlemmermeer geen rekening gehouden met verschillen in de behoefte aan zoetwater. Dit terwijl de behoefte sterk varieert, door verschillen in beregeningsbehoefte en weersomstandigheden door het jaar heen. Het automatiseren van kleine inlaten in de Haarlemmermeer – verantwoordelijk voor meer dan 60% van het ingelaten water – kan naar verwachting leiden tot een significante besparing in het gebruik van zoetwater.

Door de grote bijbehorende investeringen was automatiseren van inlaten tot op heden echter niet aan de orde. Echter, bij stuwen is door recente innovaties een sterke kostenreductie tot stand gekomen. Het geschikt maken van deze innovatie voor kleine inlaten brengt de mogelijkheid tot besparing van inlaatwater binnen handbereik. In de *Pilot automatiseren kleine inlaten Haarlemmermeer* is voor een tweetal inlaten in de Haarlemmermeerpolder deze innovatie geïmplementeerd. Evaluatie heeft nog niet plaats kunnen vinden, omdat de inlaatautomatisering pas aan het einde van het groeiseizoen operationeel is geworden.

2 Verzilting in de Haarlemmermeer

De Haarlemmermeer is de grootste zoutbron in het beheersgebied van Rijnland. Rond 6500 voor Christus was het gebied onderdeel van een marien intergetijdegebied, en is het grondwater door infiltrerend zeewater tot op grote diepte verzilt. Door latere veenafbraak en uiteindelijk het droogmalen van de Haarlemmermeerpolder stroomt dit zoute grondwater omhoog en verzilt het oppervlaktewater. Het grootste deel van de zoutlast vindt plaats via wellen, kortsluitstromingen tussen het diepe grondwater en de watergangen.



Figuur 2.1 Sterke lokale verschillen in zoutconcentratie in de sloot in peilvak 9, Haarlemmermeerpolder (Delsman, 2015)

De zoutbelasting in de Haarlemmermeer is daarom sterk lokaal (Figuur 2.1), en kan van sloot tot sloot verschillen. Door middel van doorspoeling wordt geprobeerd het water in de sloot zoet te houden. Hiervoor bevinden zich, naast de hoofd-inlaat bij Leeghwater, zo'n 70 kleine inlaten langs de Ringvaart (Figuur 2.2). Op deze kleine inlaten vindt momenteel weinig sturing plaats, veelal worden ze aan het begin van het groeiseizoen geopend, en aan het eind van het groeiseizoen gesloten.



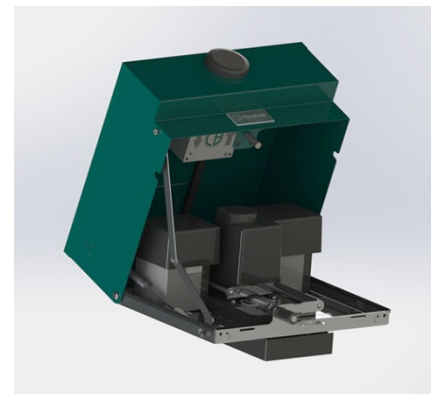
Figuur 2.2 Handmatig bediende inlaat langs de Haarlemmermeer. De afsluiter bevindt zich in de kast op de linkerfoto.

3 De CB Greenbox

3.1 Stuwautomatisering

Automatisering van waterschapskunstwerken zoals stuwen en ook inlaten vindt vaak plaats op locaties waar geen vaste stroomaansluiting voorhanden is. Het is dan een kostbare zaak om hier een voedingskabel naar toe te laten leggen; voeding dient plaats te vinden via alternatieve energiebronnen als zonne- en windenergie. Ondanks dat de wind en de zon gratis zijn, zijn reguliere oplossingen met deze energiebronnen nog steeds erg prijzig. Dit komt mede omdat de gekozen aandrijving en besturing zijn ontwikkeld voor industriële omgevingen met een reguliere stroomvoorziening, waardoor efficiëntie geen vereiste is.

Speciaal voor het automatiseren van stuwen ontwikkelde CB Flevoland een nieuw type aandrijving en besturing, de CB Greenbox. Hierin zijn alle onderdelen, de motor, aansturing, sensoren en de communicatie oplossing, met het oog op efficiëntie ontwikkeld. Er is daarom nog maar een klein daglichtpaneel nodig met evenredig kleine accu's, zo klein dat dit allemaal in een kastje van 400 x 410 x 190 millimeter kan worden ondergebracht. Hierdoor kunnen meer locaties eenvoudig en zonder vaste stroomaansluiting worden voorzien van een compacte automatisering op zonne-energie (Figuur 3.1).



Figuur 3.1 De CB Greenbox stuwautomatisering

3.2 Plaatsing op inlaten Haarlemmermeer

Voor plaatsing op inlaten "Zekveld" en "Raabhorst" is in overleg met de watersysteembeheerders van Rijnland gekeken naar een oplossing op maat. In beide gevallen is de CB Greenbox boven de afsluiter van de inlaat geplaatst en wordt de kracht van de motor mechanisch overgebracht op de bestaande afsluiter. Voor inlaat "Zekveld" betekende dit plaatsing op de omkisting in de Ringvaart. De CB Greenbox is hierbij zo geplaatst, dat toegang tot de afsluiter voor vuilverwijdering nog mogelijk is. Tevens is een veiligere toegang tot de omkisting aangelegd. Voor inlaat "Raabhorst" bevindt de afsluiter zich aan de binnenkant van de Ringdijk, en is de Greenbox hierop aangebracht (Figuur 3.2). Watersysteembeheerders kunnen de afsluiter handmatig blijven bedienen, door een voorziening binnenin de CB Greenbox. De Greenboxes zijn geplaatst op donderdag 14 juli 2016. Daarna is op vrijdag 9 september 2016 de EC sensor geplaatst (zie paragraaf 4.3).



Figuur 3.2 Aangebrachte CB Greenboxes op inlaten "Zekveld" (links) en "Raabhorst" (rechts)

3.3 Software aanpassingen CB Greenbox

In de software van het Greenbox-aansturingportaal (<http://www.cb-log.nl>) zijn verschillende aanpassingen gedaan om (1) het portaal geschikt te maken voor het aansturen van inlaten (in plaats van stuwen), en (2) om de inlaten automatisch aan te kunnen sturen op basis van geleidbaarheid (EC) metingen. Gezien het kader van pilot is de portal niet volledig onderhanden genomen, nog verschillende items en benamingen verwijzen naar het aansturen van stuwen in plaats van inlaten.

Voor het aansturen van de inlaten op basis van de EC-meting in het peilvak is nieuwe software geschreven. Deze maakt het mogelijk in het portaal verschillende EC-waarden te koppelen aan mate van openstelling van de inlaat (Figuur 3.3). De koppeling is gereed gekomen op woensdag 19 oktober 2016.

ecsettings		
Waarde	% open	Verwijder
EC < 4.3	0	<input type="checkbox"/>
EC > 7.2	1.23	<input type="checkbox"/>
EC > 9	31.24	<input type="checkbox"/>
EC		

opslaan

Figuur 3.3 EC-waarden voor aansturing inlaatopening via Greenbox

Bijlage A geeft een overzicht van het dataportaal cb-log.nl.

4 Automatiseren inlaten Haarlemmermeer

4.1 Geautomatiseerde operationele sturing

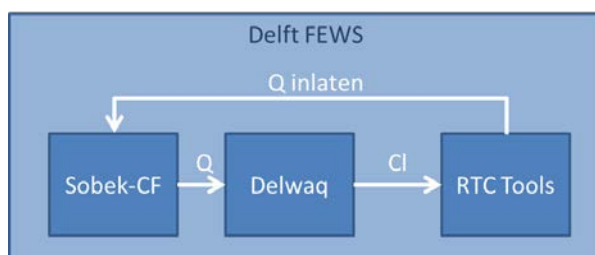
Bij operationele sturing met behulp van meet- en regeltechniek (geautomatiseerde operationele sturing) wordt (een deel van) het operationele waterbeheer uitgevoerd door geautomatiseerde kunstwerken (de 'actuator', voor het waterbeheer zijn dit gemalen, stuwen, inlaten), die worden aangestuurd door een computeralgoritme (de 'regelaar'). Hierbij probeert de regelaar het watersysteem in een gewenste toestand te houden, aan de hand van meetwaarden in het systeem. Een bekend eenvoudig voorbeeld van regeltechniek is de kamerthermostaat, die aan de hand van de kamertemperatuur de verwarming aan- en uitschakelt. In het waterbeheer is eenemaal met een aan- en afslagpeil een ander eenvoudig voorbeeld.

In de eenvoudige vorm is sprake van 'feedback control'. Hierbij wordt door de regelaar op basis van een meetwaarde direct een actie uitgevoerd, om een verstoring van het systeem (de meetwaarde wijkt af van de gewenste waarde) teniet te doen. Dit kan met eenvoudige 'if-then-else' regels, of met een meer geavanceerde 'PID controller'. Met deze laatste wordt met een eenvoudige functie berekend hoe groot de actie moet zijn om de verstoring zo snel mogelijk terug te brengen. De meest geavanceerde vorm, en de huidige 'state-of-the-art' is de zogeheten 'model-predictive-control'. Hierbij worden modellen en voorspellingen ingezet om daarmee te proberen ook toekomstige verstoringen 'voor te zijn, en zo de controle actie zo efficiënt mogelijk te laten zijn. Model-predictive-control voor inlaatsturing wordt momenteel onderzocht binnen WaterNEXUS.

In deze pilot wordt de sturing eenvoudig gehouden, en werken we met feedback control met eenvoudige 'if-then-else' sturingsregels. De meetwaarde is daarbij een EC-meting in het peilvak, en de regelacties betreffen het half dan wel maximaal openzetten van de inlaten.

4.2 Koppeling Sobek-model aan RTC Tools via Delft-FEWS

Om de uitwerking van verschillende sturingsscenario's modelmatig te vergelijken, is een modelsysteem opgezet waarbij de bestaande modellering van de water en zoutbeweging in het peilvak (Sobek-CF – Delwaq model (Kelderman, 2015)), is gekoppeld aan de sturingsmodule RTC Tools (Realtime Control). Deze drie modellen zijn gekoppeld binnen de Delft-FEWS omgeving (Figuur 4.1). Hierbij maakt de koppeling berekende zoutgehalten binnen het Sobek-model beschikbaar voor RTC Tools en, nadat RTC Tools de gewenste stand van de inlaten heeft bepaald, de inlaatdebieten van de inlaten terug aan het Sobek-model. Deze koppeling vindt op dagbasis plaats. Na technisch gereedkomen komen de resultaten van het gekoppelde model in FEWS goed overeen met de oorspronkelijke Sobek resultaten (mits uiteraard de oorspronkelijke sturing wordt gehandhaafd).



Figuur 4.1 Uitwisselingsschema gekoppelde modellen Sobek-CF, Delwaq en RTC-Tools binnen Delft FEWS.

4.3 Bepalen locatie EC meetpunt

De inlaten worden gestuurd op het chloridegehalte op één specifieke locatie in de sloten van het peilvak. Er is gezocht naar een locatie:

1. die reageert op zowel de veranderende inlaathoeveelheden,
2. als op veranderingen in de zoutvracht van het peilvak,
3. die zo representatief mogelijk is voor het peilvak,
4. waar de reactietijd op de veranderende inlaathoeveelheden beperkt is,
5. waar naast 1) en 2) weinig andere processen de zoutconcentratie beïnvloeden (bijvoorbeeld aan- / afslag gemaal),
6. die goed bereikbaar is,
7. waar de peilsensor eenvoudig kan worden bevestigd,
8. waar gsm-bereik aanwezig is.

Eisen 1 en 2 betekenen een punt in een hoofdwatergang op de afvoerroute tussen inlaat en gemaal, en ver genoeg in het peilvak om significant gemengd te zijn met gebiedseigen water. Eis 4 wil juist een punt zo dicht mogelijk bij de inlaat. Uiteindelijk blijkt een punt in de noordelijke Kagertocht goed te voldoen aan al deze eisen (Figuur 4.2).



Figuur 4.2 Locatie EC sensor.



Figuur 4.3 Locatie plaatsing EC sensor

4.4 Scenario-berekeningen FEWS

Met behulp van het gekoppelde model zijn drie sturingsprotocollen doorgerekend, om op basis hiervan het uiteindelijke te gebruiken sturingsprotocol vast te stellen.

Eisen aan scenario's:

- geen verslechtering huidige chloride-situatie
- relatief eenvoudige sturing (eenmaal per dag, beperkt aantal triggers)

Inlaten "Zekveld" en "Raabhorst" worden in de scenario's jaarrond aangestuurd om zoutgehalten binnen de gewenste range te houden. Openzetten van de inlaten kan daarbij volledig (maximale inlaathoeveelheid), of op halve capaciteit (inlaathoeveelheid 50% van maximum). De inlaten worden gelijk gestuurd. De andere twee inlaten in het peilvak worden verondersteld het normale beheer te volgen (1 april open, 1 oktober dicht). Drie scenario's zijn geanalyseerd, met verschillende sturingsregels voor de twee inlaten (tabel 1). De sturingsregels worden eenmaal per dag toegepast, op de voortschrijdend 6-uur gemiddelde waarde in het EC meetpunt. Over- of overschrijding van de vermelde grenswaarden triggert een respons. Als er geen grenswaarde wordt over- of overschreden, houdt de inlaat dezelfde stand als de voorgaande dag.

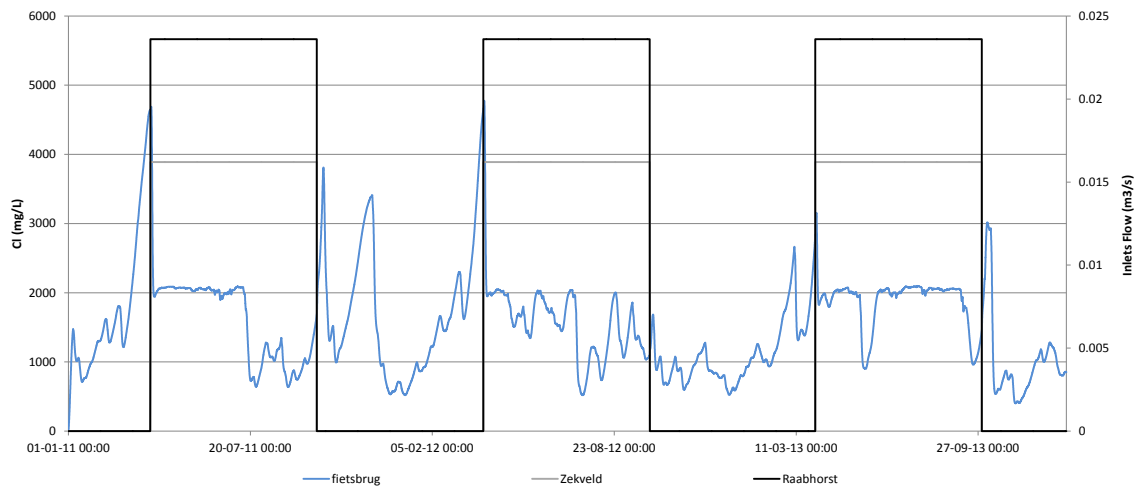
Tabel 1 Sturingsregels (triggerwaarden) voor de twee inlaten in drie scenario's

Stand inlaat	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Inlaten dicht	Cl < 1000 mg/L	Cl < 1000 mg/L	Cl < 1000 mg/L
Inlaten halve capaciteit (Zekveld = 0.009 m ³ /s Raabhorst = 0.012 m ³ /s)	Cl > 2000 mg/L	Cl > 1500 mg/L	Cl > 1750 mg/L
Inlaten max capaciteit (Zekveld = 0.018 m ³ /s Raabhorst = 0.024 m ³ /s)	Cl > 2500 mg/L	Cl > 2000 mg/L	Cl > 2250 mg/L

4.5 Resultaten

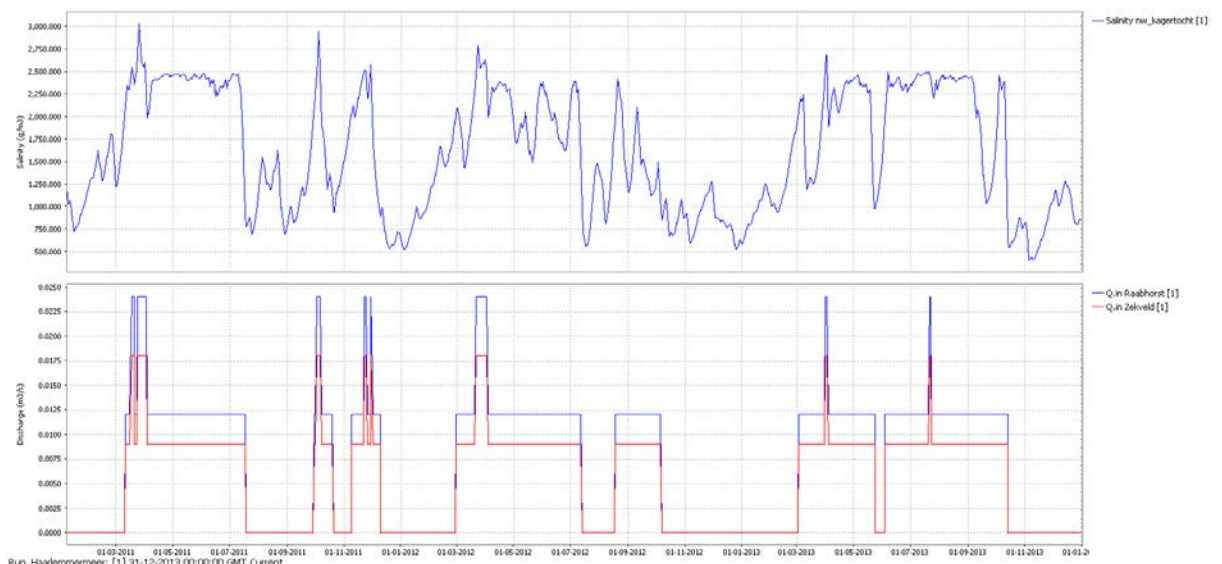
Voor het referentiescenario en de drie gedefinieerde scenario's zijn de stand van de inlaten en de chlorideconcentratie op het richtpunt (de locatie van de EC-meter) onderzocht. Figuur 4.4 geeft de referentiesituatie weer. De inlaten gaan op 1 april open, en sluiten op 1 oktober. Dit resulteert in een chlorideconcentratie op de meetlocatie die met gesloten inlaten kan oplopen tot zo'n 4500 mg/l, maar met open inlaten maximaal zo'n 2000 mg/l bedraagt. Bij

neerslag lopen de concentraties nog verder terug, tot minimaal 500 mg/l. De chlorideconcentratie bij het meetpunt reageert met een vertraging van zo'n drie - vier dagen op het openen van de inlaat. Concentraties beginnen na tweeënehalve dag terug te lopen; na vier dagen is de eindconcentratie bereikt.



Figuur 4.4 Oorspronkelijke inlaatsturing en resulterende chlorideconcentraties.

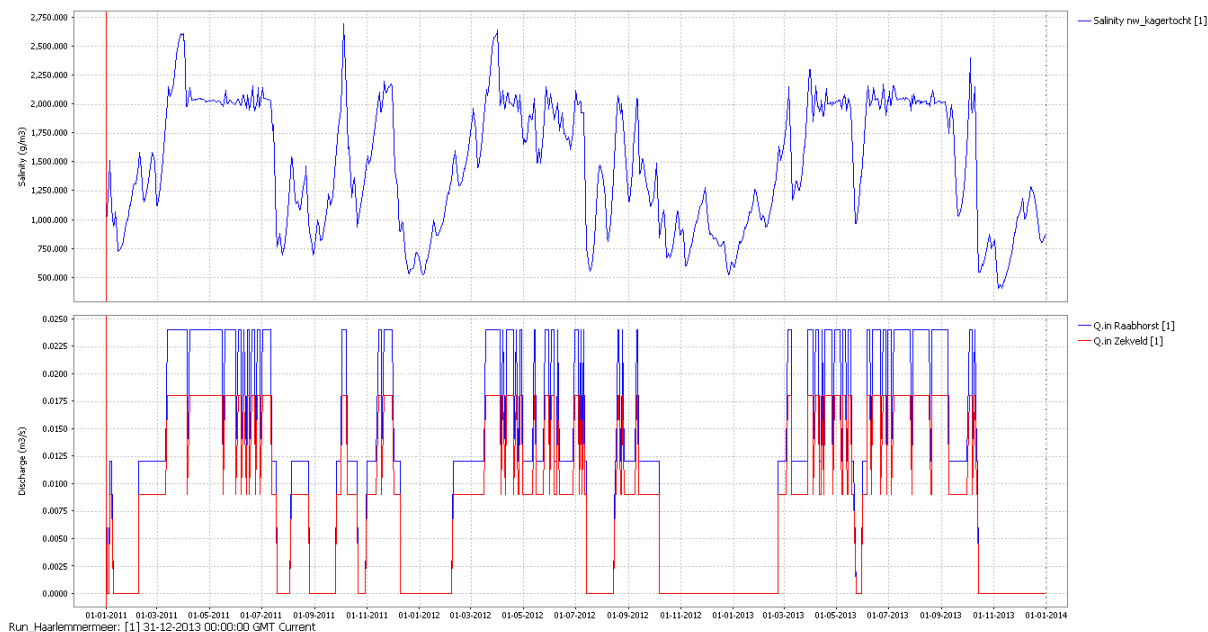
In Figuur 4.5 is de inlaatsturing en resulterende chlorideconcentratie weergegeven voor scenario 1. In dit scenario is sprake van een lichte verslechtering van de waterkwaliteit, concentraties zijn maximaal zo'n 2500 mg/l. De inlaat gaat eerder open dan 1 april, de hoge piek die eind maart optrad wordt hierdoor voorkomen. In scenario 1 staat de inlaat het grootste deel van de tijd half open, er zijn relatief weinig sturings-acties.



Figuur 4.5 Inlaatsturing scenario 1 (onder) en resulterende chlorideconcentraties (boven).

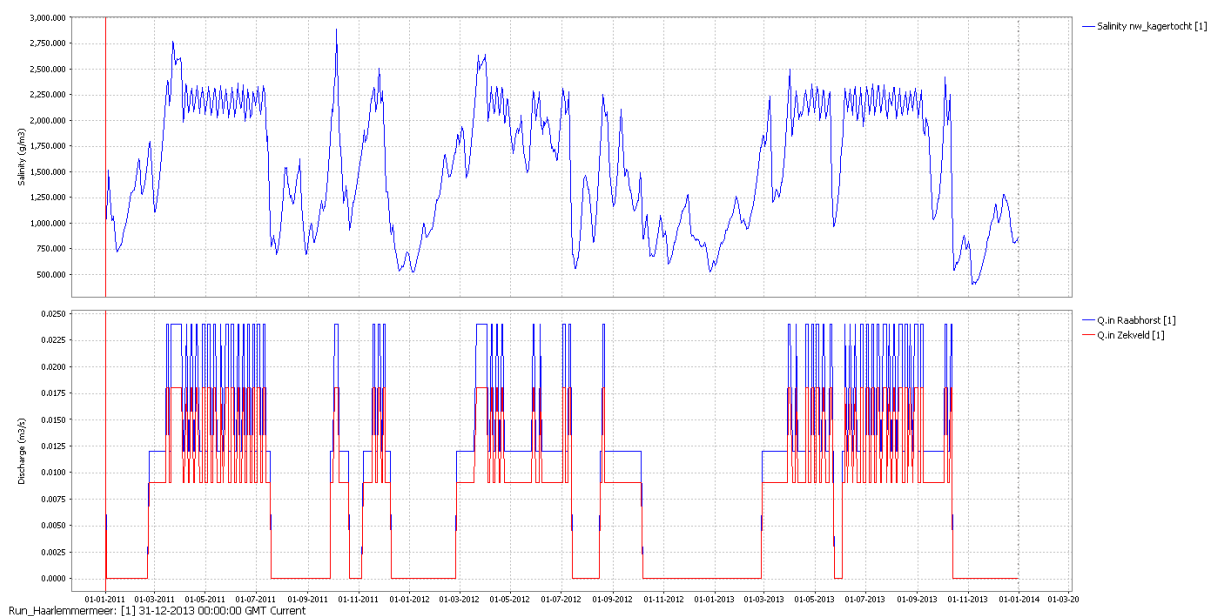
In Figuur 4.6 is de inlaatsturing en resulterende chlorideconcentratie weergegeven voor scenario 2. In dit scenario is hoegenaamd geen sprake van een verslechtering van de waterkwaliteit, maximale concentraties variëren rond de 2000 mg/l. De inlaat gaat eerder open dan 1 april, de hoge piek die eind maart optrad wordt hierdoor voorkomen. In scenario 2

staat de inlaat vaker maximaal open dan in scenario 1, er zijn ook beduidend meer sturingsacties benodigd.



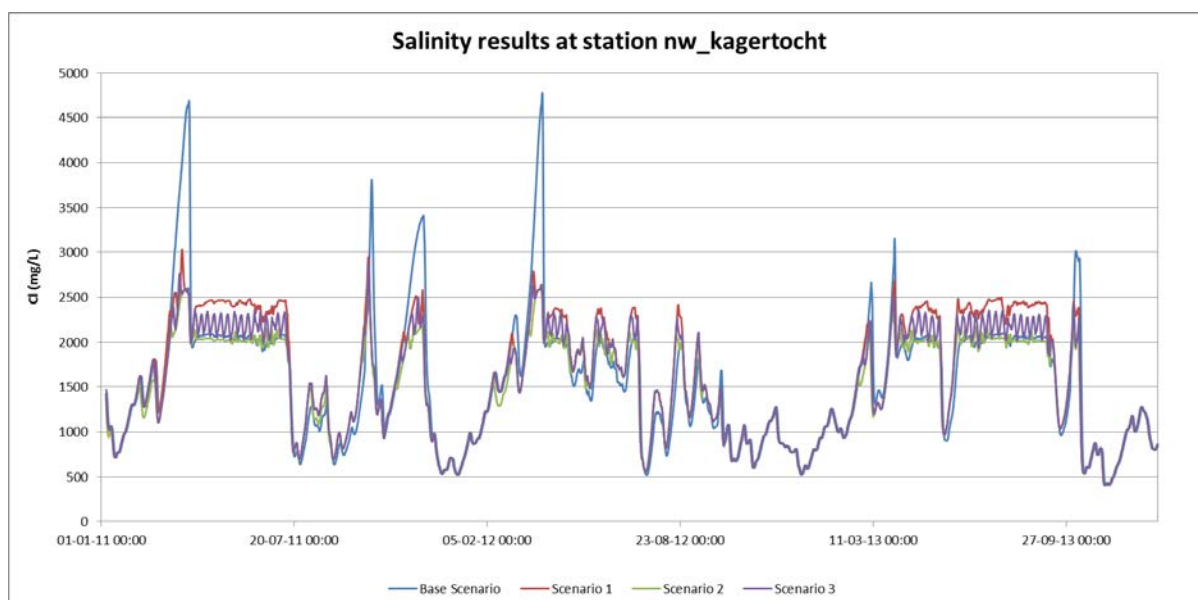
Figuur 4.6 Inlaatsturing scenario 2 (onder) en resulterende chlorideconcentraties (boven).

In Figuur 4.7 is de inlaatsturing en resulterende chlorideconcentratie weergegeven voor scenario 3. In dit scenario wordt de maximale chlorideconcentratie van ongeveer 2500 mg/l steeds kort bereikt, maar ook steeds snel teruggebracht tot 2000 mg/l. Ook in dit scenario gaat de inlaat eerder open dan 1 april, de hoge piek die eind maart optrad wordt hierdoor voorkomen. In scenario 3 zijn erg veel sturingsacties nodig, de inlaatstand verspringt elke paar dagen tussen half en maximaal open.



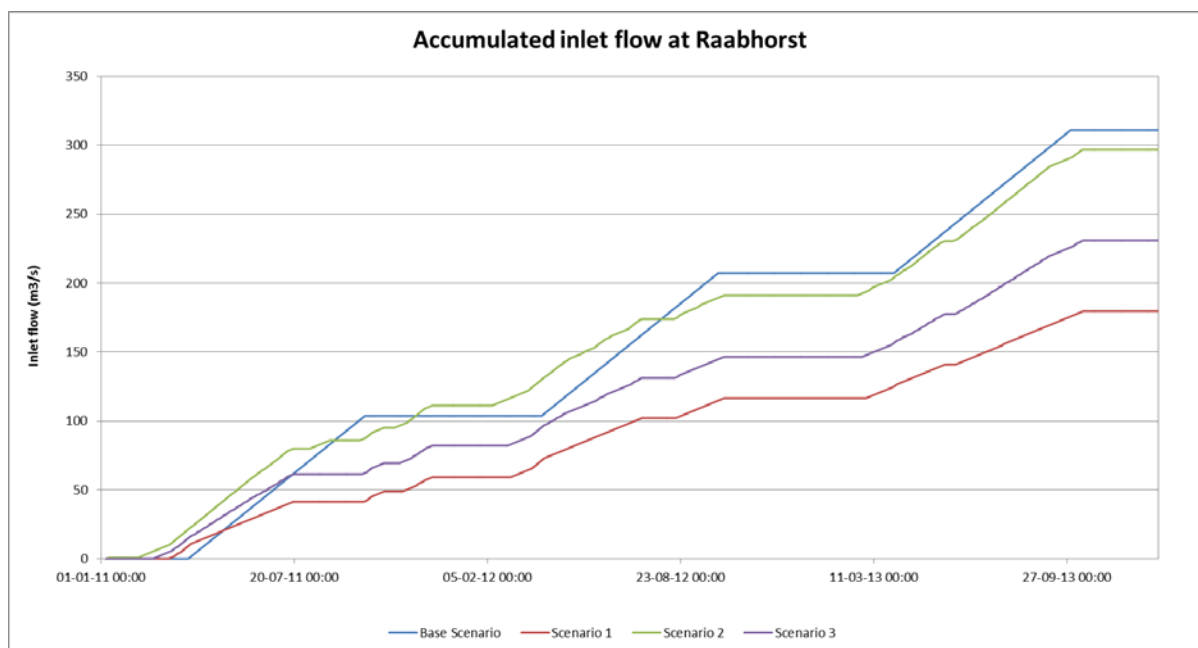
Figuur 4.7 Inlaatsturing scenario 3 (onder) en resulterende chlorideconcentraties (boven).

In Figuur 4.8 en Figuur 4.9 worden de resultaten van de drie scenario's samengevat. Hieruit blijkt dat scenario 2 geen verslechtering van de waterkwaliteit ten opzichte van het referentiescenario laat zien. De andere twee scenario's laten wel een verslechtering zien: de chlorideconcentratie in scenario 1 neemt met 25% toe, de chlorideconcentratie van scenario 3 varieert tussen scenario's 1 en 2. Hoe deze verslechtering op andere locaties in het peilvak uitwerkt is niet onderzocht. Wel is te beredeneren dat de relatieve verslechtering verband houdt met het aandeel inlaatwater in de water- en zoutbalans op een bepaalde locatie. Bij gemaal Heye is het aandeel inlaat (enigszins) kleiner, het effect zal daarmee ook iets kleiner zijn. In de aanvoersloot nabij teler Timo Steenwijk domineert inlaatwater de water- en zoutbalans. Naar verwachting is dit ook bij halvering van de inlaat het geval. De verslechtering zal hier relatief dan ook groter zijn, maar in absolute zoutconcentraties nog altijd erg dicht bij inlaatconcentraties liggen.



Figuur 4.8 Chlorideresultaten voor de drie scenario's en het referentiescenario.

Voor wat betreft besparing op inlaatwater kent scenario 1 van de drie scenario's de grootste besparing, gevolgd door scenario 3. Scenario 2 bespaart maar weinig ten opzichte van het referentiescenario. Dit komt doordat de besparing tijdens neerslagperioden grotendeels teniet wordt gedaan door een eerdere openstelling van de inlaat. Wordt de inlaat ook bij automatische sturing pas vanaf 1 april opengezet, neemt de besparing sterk toe.



Figuur 4.9 Cumulatieve inlaathoeveelheid voor inlaat Raabhorst voor de drie scenario's en het referentiescenario.

4.6 Input van waterbeheerders

In overleg met watersysteembeheerders in het gebied (Henk Sloof, Denijs Marbus) zijn de beoogde locaties bekeken en geschikt gemaakt voor plaatsing van de CB Greenbox en de EC sensor.

Daarnaast suggereerden de watersysteembeheerders om in het aansturingprotocol ook op te nemen om wekelijks de inlaten 'schoon te spoelen'. Dit laatste door de inlaten, onafhankelijk van het zoutgehalte in het peilvak, gedurende korte tijd maximaal open te zetten.

Inlaat Raabhorst heeft naast verziltingsbestrijding ook het tegengaan van stankoverlast als doel. De minimale opening van inlaat Raabhorst is daarom niet nul, maar 20% (jaarrond).

4.7 Sturingsprotocol

In overleg met Rijnland (Mark Kramer) is scenario 3 gekozen als het te implementeren scenario. Voor het uiteindelijke scenario is de chlorideconcentratie omgerekend naar EC waarde, conform de door Rijnland voor de Haarlemmermeer gehanteerde formule ($EC_{25} = (Cl + 177.35) / 268.03$), en is de capaciteit omgerekend naar de stand van de afsluiter van de inlaat. Hiervoor is gebruik gemaakt van recent bemeten opening - debiet relaties van beide inlaten, in het kader van het project Inlaat- en doorspoelplan Haarlemmermeer.

Het uiteindelijke protocol:

Inlaat Zekveld

Zomerstand (1 april – 1 oktober)

EC₂₅ > 7.2: Inlaat geeft 50% van maximaal debiet

EC₂₅ > 9.0: Inlaat geeft 100% van maximaal debiet

EC₂₅ < 4.3: Inlaat dicht

Elke vrijdagochtend 9u: inlaat een half uur vol open, daarna terug op vorige stand

Winterstand (1 oktober – 1 april)

Inlaat dicht

Vrijdagochtend 9u: inlaat een half uur vol open, daarna terug op vorige stand

Debietformule Zekveld

Debiet (% van maximaal) = $47.828 * \% \text{ open} ^{0.2143}$ (als inlaat < 31.25% open is)

Debiet (% van maximaal) = 100 (als inlaat \geq 31.25% open is)

Inlaat Raabhorst

Zomerstand (1 april – 1 oktober)

Inlaat altijd 20% van maximaal debiet open

EC25 > 7.2: Inlaat geeft 50% van maximaal debiet

EC25 > 9.0: Inlaat geeft 100% van maximaal debiet

EC25 < 4.3: Inlaat 20% van maximaal debiet

Vrijdagochtend 9u: inlaat een half uur vol open, daarna terug op vorige stand

Winterstand (1 oktober – 1 april)

Inlaat 20% van maximaal debiet

Elke vrijdagochtend 9u: inlaat een half uur vol open, daarna terug op vorige stand

Debietformule Raabhorst

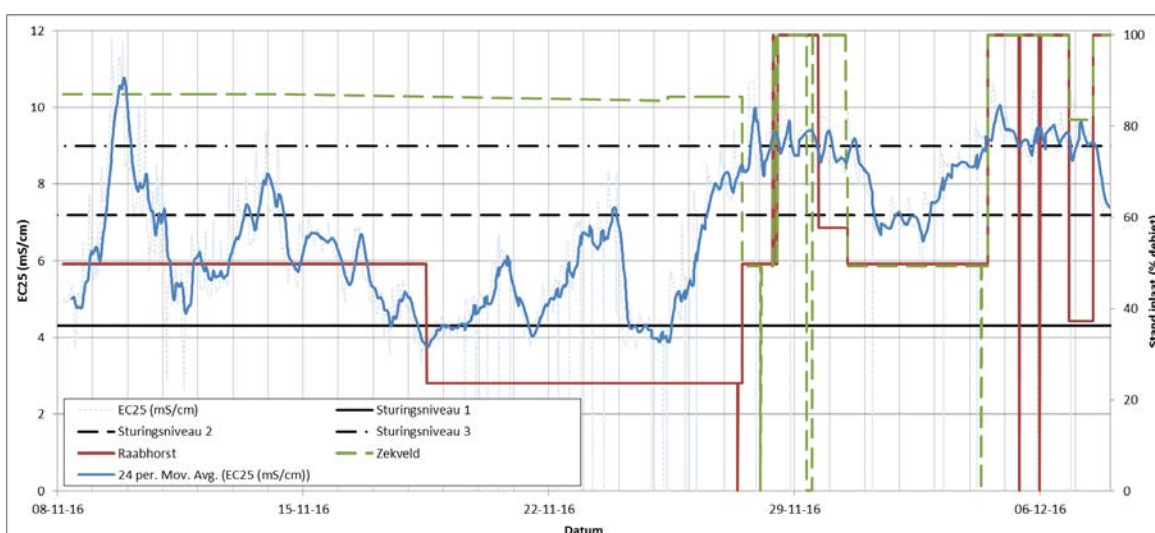
Debiet (% van maximaal) = $31.254 * \% \text{ open} ^{0.2525}$

5 Resultaten

Op 14 juli 2016 zijn twee Greenboxen geplaatst op inlaten “Zekveld” en “Raabhorst” in de Haarlemmermeer. Op 9 september 2016 is daarnaast een EC-sensor geplaatst in de noordwestelijke tak van de Kagertocht. Totdat ook de aansturings-software gereedkwam (19 oktober) zijn de inlaten handmatig op basis van de EC waarde aangestuurd.

Figuur 5.1 geeft de gemeten EC25 waarden, en de standen van de twee inlaten voor de periode 8 november – 8 december 2016. Eerdere data zijn niet langer voorhanden, gegevens worden slechts een maand bewaard. Gedurende de getoonde periode is sturing eigenlijk niet nodig (buiten het groeiseizoen), watersysteembeheerders zetten de inlaat daarom regelmatig dicht. Toch is op nog steeds goed te zien hoe de inlaat reageert op de gemeten EC-waarde in het peilvak. De automatische regeling van de inlaten is op 2 november door Henk Sloof gestopt, en pas op 25 november weer opgestart. Daarna worden inlaten Raabhorst en Zekveld weer automatisch aangestuurd.

De inlaten wisselen tussen maximale capaciteit, halve capaciteit en minimale capaciteit. Voor Raabhorst is de minimale capaciteit 20% van het debiet, wegens de stankoverlastbestrijdings-doelstelling van deze inlaat. Voor inlaat Zekveld is de minimale capaciteit nul. In Figuur 5.1 is dit niet goed te zien, omdat het maximale debiet voor beide inlaten al is bereikt als de afsluiter nog niet maximaal is geopend, maar vanaf 5 december worden inlaten wekelijks een klein half uur maximaal open gezet om eventueel vuil te verwijderen. Dit gebeurt vooralsnog elke maandag, maar dit moment wordt verplaatst naar vrijdagden om 9.00u.



Figuur 5.1 Gemeten EC25, 6-uurs lopend gemiddelde EC25, de drie sturingsniveaus (zwarte horizontale lijnen), en de standen inlaten Raabhorst en Zekveld.

Met de automatische regeling van de inlaten Zekveld en Raabhorst wordt de EC van het water rond de toegestane grens gehouden. Wel lijkt inzet van de maximale inlaatcapaciteit begin december niet voldoende om de EC van het water sterk af te laten nemen, wat in de berekeningen wel gebeurt in dergelijke situaties. Dit zou kunnen komen doordat de andere twee inlaten in het peilvak dicht staan, waar ze in de berekeningen open staan. De

beschouwde periode is evenwel te kort om hier definitieve uitspraken over te doen; het samenspel van zoutuitspoeling, doorspoelen, het tijdeffect tussen inlaat en meetpunt, is hiervoor eenvoudigweg te complex.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

De inlaten Zekveld en Raabhorst in peilvak 9 van de Haarlemmermeer zijn voorzien van een automatische regelinstallatie (CB Greenbox). De aansturingsoftware van de CB Greenbox is geschikt gemaakt voor inlaatregeling op gemeten EC waarden. Daarnaast is in het peilvak een EC-meter geplaatst, die haar gegevens doorzendt naar de regelsoftware. Zowel de regelinstallaties op de inlaten als de EC sensor functioneren technisch naar behoren.

Met behulp van een binnen Delft-FEWS gekoppeld Sobek-Delwaq-RTC Tools model is een eenvoudige sturing ontwikkeld, op basis van 'if-then-else' regels. Op basis van de in het peilvak gemeten EC waarde staan de inlaten in één van drie standen: minimaal, half, maximaal. Daarnaast is op aanraden van de watersysteembeheerders een voorziening opgenomen dat de inlaten eenmaal per week kortdurend maximaal openstaan op vuilvorming te voorkomen.

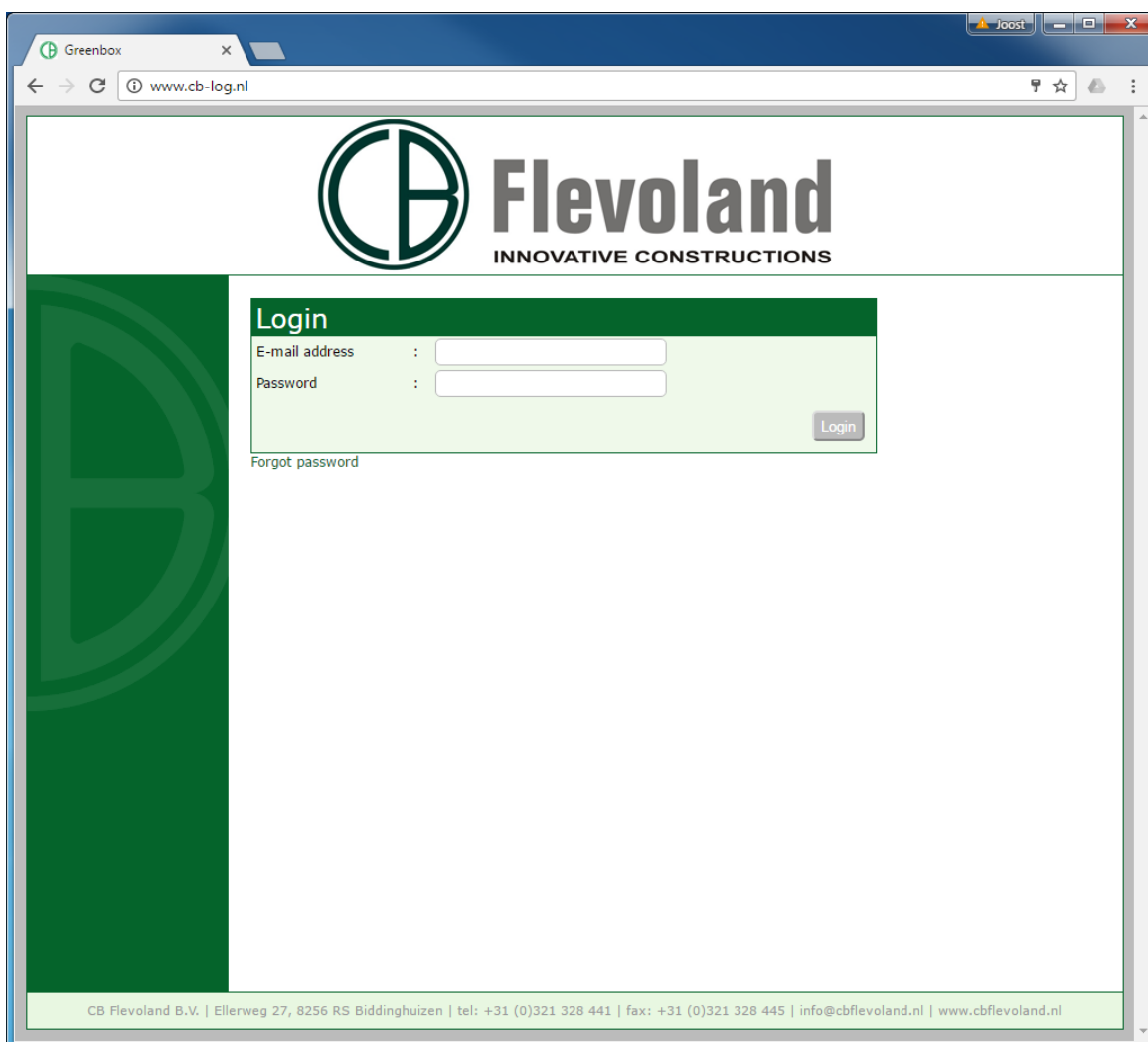
De automatische inlaatregeling kwam pas helemaal aan het einde van het groeiseizoen beschikbaar. Hierdoor is het niet mogelijk gebleken de werking van de inlaatregeling en haar effect op chlorideconcentraties op verschillende locaties in het peilvak te evalueren. Ook is niet vastgesteld wat de besparing aan inlaatwater is met het gekozen sturingsprotocol ten opzichte van de referentiesituatie. In de berekeningen gedaan voor het ontwerpen van het sturingsprotocol is deze besparing cumulatief zo'n 25%. Wanneer wordt meegerekend dat de inlaten in de scenario's ook buiten het groeiseizoen actief waren, kan deze besparing hoger uitvallen.

6.2 Aanbevelingen

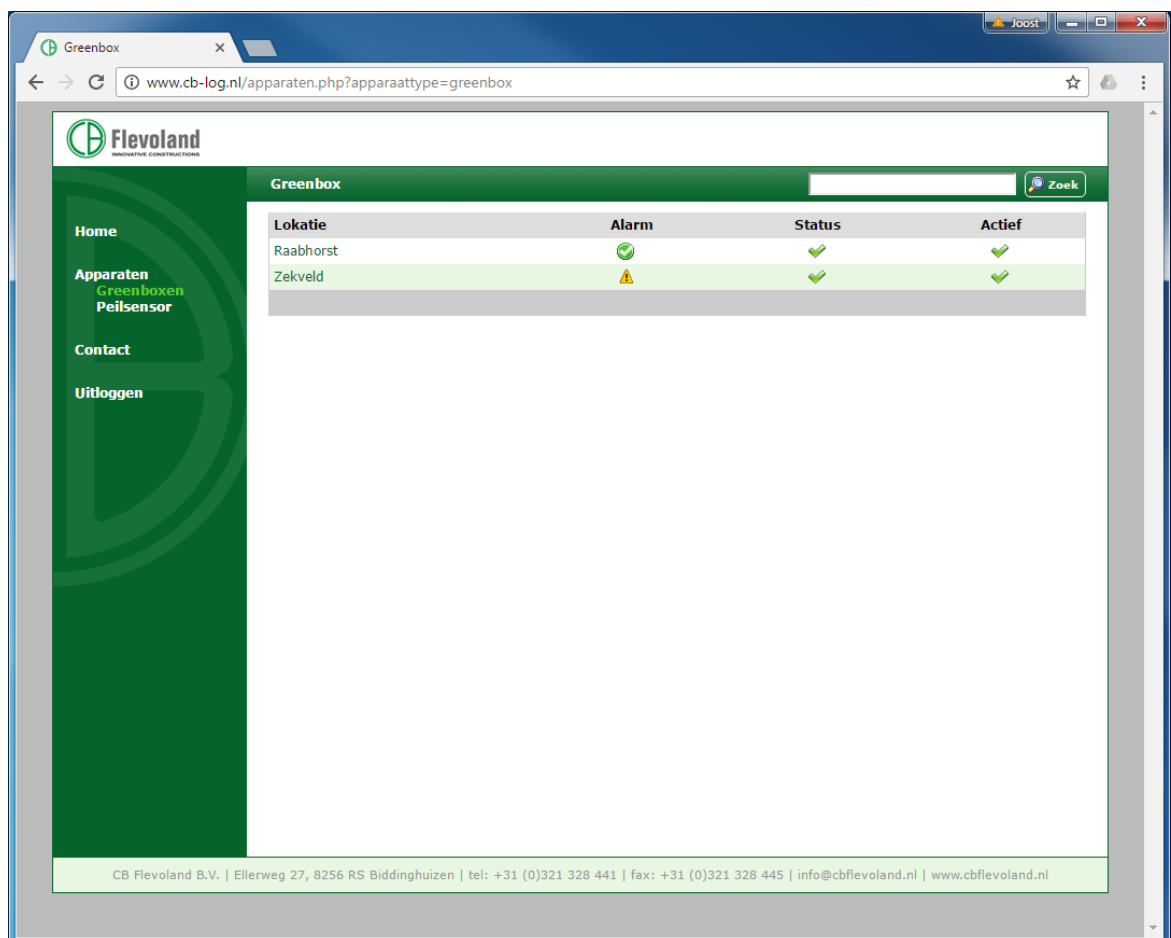
Aanbevolen wordt:

- De werking van de automatische inlaatsturing in de praktijk te evalueren gedurende zeker een volledig groeiseizoen,
- Met behulp van het gekoppelde model nader te onderzoeken wat de verwachte winst van de maatregel 'automatiseren inlaten' is, en dit te relateren aan kosten en baten,
- Met behulp van het gekoppelde model nader te onderzoeken wat het gekozen sturingsprotocol betekent voor chlorideconcentraties op verschillende locaties in het peilvak,
- De gegevens van de inlaatsturing en gemeten EC-waarden langer beschikbaar te maken dan een maand, bijvoorbeeld door een automatische wekelijkse upload van de gegevens naar een ftp-server,
- Met de watersysteembeheerders duidelijk af te stemmen hoe de sturing moet verlopen in en buiten het groeiseizoen.
- Te onderzoeken in hoeverre model-predictive control de inlaat in het peilvak verder te optimaliseren, gebruik makend van modelvoorspellingen op basis van weersvoorspellingen (onderzoeksprogramma WaterNEXUS).
- Het peilvak met operationele sturing te gebruiken als testcase binnen het WaterNEXUS programma, om model-predictive control in praktijk uit te testen.

A Schermen portaal CB-log.nl



Figuur A.1 Inlogscherf www.cb-log.nl



The screenshot shows a web browser window displaying the Greenbox portal. The browser's address bar shows the URL `www.cb-log.nl/apparaten.php?apparaatype=greenbox`. The page features the Flevoland logo and a navigation menu on the left with links for Home, Apparaten, Greenboxen, Peilsensor, Contact, and Uitloggen. The main content area is titled 'Greenbox' and contains a table with the following data:

Lokatie	Alarm	Status	Actief
Raabhorst	✓	✓	✓
Zekveld	⚠	✓	✓

At the bottom of the page, there is contact information for CB Flevoland B.V., including the address, telephone, fax, email, and website.

Figuur A.2 Startscherm portaal. Toont actieve Greenboxen.

Flevoland
INNOVATIVE CONSTRUCTIONS

Instellingen wijzigen Terug

Greenbox:
Lokatie: Raabhorst
IMEI-nummer: 351777043349404 Versie: 20160704
Software versie: 1.0ZC

Status: Actief

Zekveld

Datum/Tijd	Stand stuw % open	Streefpeil % open	Spanning
2016-12-12 15:16:00	4.33	5.00	26.87
2016-12-12 15:01:00	4.33	5.00	27.09
2016-12-12 14:46:00	4.33	5.00	27.26
2016-12-12 14:31:00	4.33	5.00	27.33
2016-12-12 14:16:00	4.33	5.00	27.32

Toon meer-->

Toon grafiek

Datum/Tijd	Omschrijving	van	naar	Gebruiker
09-12-2016 13:21	(her)start regelproces stuw	stop	start	Cor
09-12-2016 09:31	Stuw normaal	Op	Normaal	Beheerder
09-12-2016 09:02	Stuw normaal	Normaal	Op	Beheerder

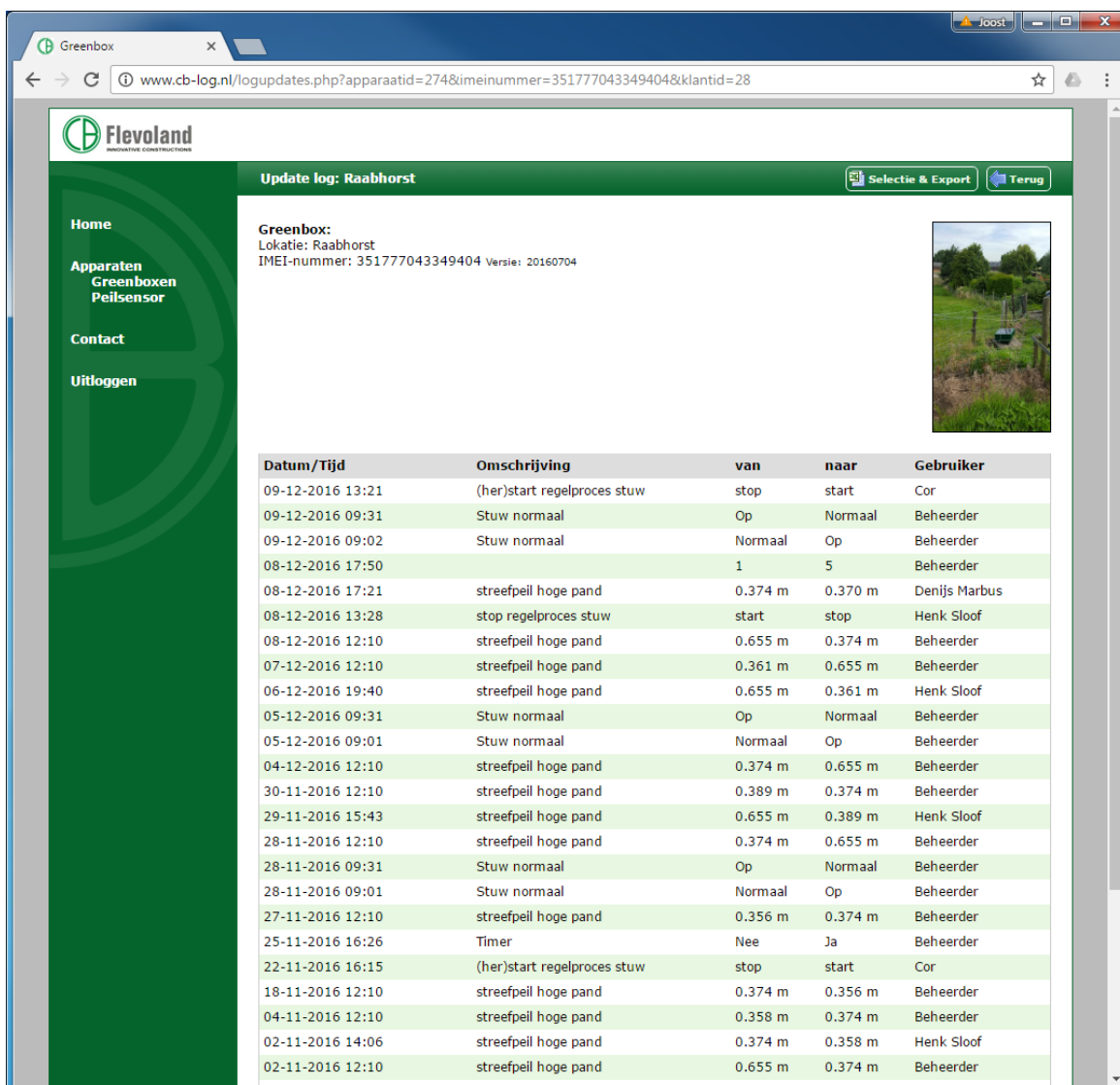
Toon Update log-->

Notities Nieuwe Notitie

Datum	Toegevoegd door	Notitie
-------	-----------------	---------

CB Flevoland B.V. | Ellerweg 27, 8256 RS Biddinghuizen | tel: +31 (0)321 328 441 | fax: +31 (0)321 328 445 | info@cbflevoland.nl | www.cbflevoland.nl

Figuur A.3 Overzichtsscherm gekozen Greenbox (Raabhorst).

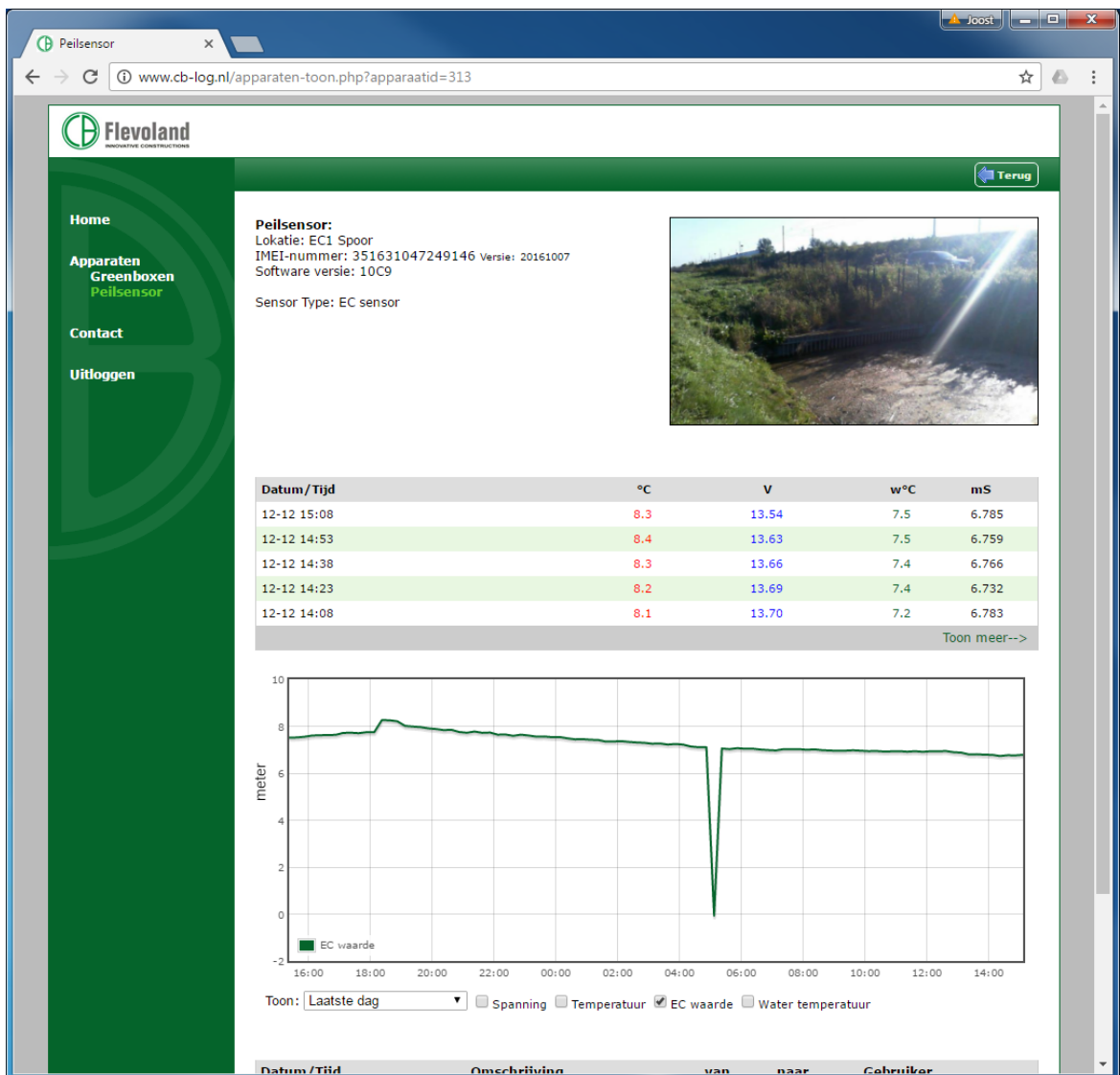


Update log: Raabhorst

Greenbox:
Lokatie: Raabhorst
IMEI-nummer: 351777043349404 Versie: 20160704

Datum/Tijd	Omschrijving	van	naar	Gebruiker
09-12-2016 13:21	(her)start regelproces stuw	stop	start	Cor
09-12-2016 09:31	Stuw normaal	Op	Normaal	Beheerder
09-12-2016 09:02	Stuw normaal	Normaal	Op	Beheerder
08-12-2016 17:50		1	5	Beheerder
08-12-2016 17:21	streefpeil hoge pand	0.374 m	0.370 m	Denijs Marbus
08-12-2016 13:28	stop regelproces stuw	start	stop	Henk Sloof
08-12-2016 12:10	streefpeil hoge pand	0.655 m	0.374 m	Beheerder
07-12-2016 12:10	streefpeil hoge pand	0.361 m	0.655 m	Beheerder
06-12-2016 19:40	streefpeil hoge pand	0.655 m	0.361 m	Henk Sloof
05-12-2016 09:31	Stuw normaal	Op	Normaal	Beheerder
05-12-2016 09:01	Stuw normaal	Normaal	Op	Beheerder
04-12-2016 12:10	streefpeil hoge pand	0.374 m	0.655 m	Beheerder
30-11-2016 12:10	streefpeil hoge pand	0.389 m	0.374 m	Beheerder
29-11-2016 15:43	streefpeil hoge pand	0.655 m	0.389 m	Henk Sloof
28-11-2016 12:10	streefpeil hoge pand	0.374 m	0.655 m	Beheerder
28-11-2016 09:31	Stuw normaal	Op	Normaal	Beheerder
28-11-2016 09:01	Stuw normaal	Normaal	Op	Beheerder
27-11-2016 12:10	streefpeil hoge pand	0.356 m	0.374 m	Beheerder
25-11-2016 16:26	Timer	Nee	Ja	Beheerder
22-11-2016 16:15	(her)start regelproces stuw	stop	start	Cor
18-11-2016 12:10	streefpeil hoge pand	0.374 m	0.356 m	Beheerder
04-11-2016 12:10	streefpeil hoge pand	0.358 m	0.374 m	Beheerder
02-11-2016 14:06	streefpeil hoge pand	0.374 m	0.358 m	Henk Sloof
02-11-2016 12:10	streefpeil hoge pand	0.655 m	0.374 m	Beheerder

Figuur A.4 Update log Greenbox (Raabhorst)



Figuur A.5 Overzichtsscherm EC sensor

The screenshot shows a web browser window with the URL `www.cb-log.nl/apparaten-settings.php?apparaatid=290#`. The page is titled 'Greenbox' and features the Flevoland logo. A left sidebar contains navigation links: Home, Apparaten (Greenboxen, Peilsensor), Contact, and Uitloggen. The main content area is titled 'Greenbox:' and contains two sections: 'Installatie instellingen' and 'Peilen'. The 'Peilen' section shows 'Control Type: level', 'EC Sensor: EC1 Spoor', and 'Streefpeil: 1.16% open' with a slider. Below this, 'EC waarde gem' is shown as 7.124. An 'Opslaan' button is present. At the bottom, an 'ecsettings' table is displayed.

Waarde	% open	Verwijder
EC < 4.3	0	<input type="checkbox"/>
EC > 7.2	1.23	<input type="checkbox"/>
EC > 9	31.24	<input type="checkbox"/>
EC		

Footer text: CB Flevoland B.V. | Ellerweg 27, 8256 RS Biddinghuizen | tel: +31 (0)321 328 441 | fax: +31 (0)321 328 445 | info@cbflevoland.nl | www.cbflevoland.nl

Figuur A.6 Sturing inlaat op basis van ES sensor