

Slim Malen Pilot Friesland

Jan Talsma
Tjerk Vreeken

Titel

Slim Malen Pilot Friesland

Pagina's

4

Trefwoorden

RTC Tools, Energiemarkt, optimalisatie, energieverbruik, energietransitie

Samenvatting

De Pilot voor Wetterskip Fryslân vergelijkt sturing voor verschillend type pompen. Hiervoor zijn Liessluis en Sappetil gemodelleerd en gestuurd op minimale energiekosten.

De optimalisatie wordt gedaan aan de hand van de APX energieprijzen van 2015 en afvoer aan de polders die gelijk is aan het geregistreerde (c.q. berekende) uitgaande debiet in de TMX data. Dit maakt het onmogelijk om de resultaten van de optimalisatie eerlijk te vergelijken met het gemeten verbruik van energie en -kosten. Daarvoor is een referentiemodel gebouwd dat gebruikt is om de optimalisatie te vergelijken met de huidige sturing in het referentiemodel.

Voor Liessluis kan het gebruik van RTC-Tools leiden tot besparing van 58% in energiekosten. Voor Sappetil kan het gebruik van RTC-Tools leiden tot besparing van 12% in energieverbruik en 17% in energiekosten. Deze besparingen zijn mogelijk door de gemalen te sturen op APX prijzen en de rendementscurves en buitenwaterstanden mee te nemen in de regeling. Voor de praktijk worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Malen met laagtij, end dus met lager opvoerhoogtes (het wordt op dit moment niet gedaan)
- Malen met laag kosten van elektriciteit (geld op dit moment voor dag/nacht tarieven)
- Malen met hoog efficiëntie van de pompen

Referenties

| Versie | Datum | Auteur | Paraaf | Review | Paraaf | Goedkeuring | Paraaf |
|--------|-----------|------------|--------|-----------|--------|---------------|--------|
| 0.1 | feb. 2019 | J. Talsma | | I. Pothof | | B. van Vossen | |
| | | D. Vreeken | | | | | |

Status

concept

Dit document is een concept en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.

Inhoud

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 1 Inleiding | 3 |
| 1.1 Beschrijving | 3 |
| 1.1.1 Gemaal Liessluis | 3 |
| 1.1.2 Gemaal Sappetil | 4 |
| 1.2 Doel | 5 |
| 2 Methode | 7 |
| 2.1 Uitgangspunten | 7 |
| 2.2 Modelbeschrijving | 8 |
| 2.3 Modelinput | 8 |
| 2.4 Optimalisatiestrategieën | 8 |
| 3 Resultaten | 9 |
| 3.1 Waterstandsverloop | 9 |
| 3.2 Inzet pompen | 9 |
| 3.3 Verbruik en kosten | 10 |
| 4 Leerpunten uit de workshop | 13 |
| 5 Conclusies en aanbevelingen | 15 |

1 Inleiding

Wetterskip Fryslân heeft de ambitie het waterbeheer te verduurzamen. Een groot deel van het energieverbruik van het Waterschap wordt gebruikt voor het droogmalen van het groot aantal polders. In de workshop kwam duidelijk naar voren dat Het Waterschap wil inzetten op minimale CO2 uitstoot, en er zijn plannen in de toekomst om duurzame energie zelf op te wekken.

Wetterskip Fryslân wil de pilot gebruiken voor onderzoek van rekenregels die een meer flexibele inzet van de gemalen op telemetrie mogelijk maken. Hiermee zal zowel een financiële besparing als ook een positief milieueffect gerealiseerd worden. Daarnaast is Wetterskip Fryslân geïnteresseerd in het rendement van de verschillende pomptypen. Om de resultaten van de pilot te kunnen gebruiken voor het inschatten van de financiële en energetische besparing voor heel WS Fryslân was de initiële planning om een groep van 8 tot 12 gemalen te kiezen, die een representatieve afspiegeling vormen van de 800 gemalen van WS Fryslân m.b.t. de volgende eigenschappen:

- Zeegemaal en poldergemaal
- Pomptype (centrifugaal, vijzel, axiaal, dompel (inclusief Hydrostal))
- Veel/weinig windopzet op boezem ter plaatse van gemaal
- Capaciteit van gemaal (groot/gemiddeld)

Helaas ontbreken voor veel gemalen de nodige QH-krommen en rendementsinformatie om binnen deze pilot bestudeerd te kunnen worden. Dit heeft als consequentie dat binnen deze studie alleen twee pompstations geoptimaliseerd worden op energie, LiesSluis en Sappetil. In deze pilot wordt onderzocht wat de potenties zijn om de bovengenoemde pompstations op energie te sturen, met het doel om energiekosten en -verbruik te minimaliseren.

1.1 Beschrijving

Binnen deze pilot zijn twee pompstations en hun respectievelijke polders gemodelleerd. Het eerste pompstation is Liessluis, en slaat uit op de Waddenzee. Het tweede pompstation is Sappetil, een vijzel die uitslaat op de boezem.

1.1.1 Gemaal Liessluis

Gemaal Liessluis bevindt zich op Terschelling, en bemaalt een gebied van 995 ha. Vanwege het peil van de Waddenzee kan dit gemaal zowel pompen als uitlaten onder vrij verval. In de huidige regeling wordt geen rekening gehouden met het uitslagpeil c.q. getij noch de energieprijzen. Er is wel sprake van een dag- en nachttarief, en ook van dag- en nachtpeilen. Door de nachtpeilen lager te zetten dan de dagpeilen wordt effectief pompen of uitlaten onder vrij verval tijdens lager tarief gestimuleerd.



1.1.2 Gemaal Sappetil

Gemaal Sappetil bevindt zich nabij de grens van provincie Friesland met provincie Groningen. Het bestaat uit een enkele toerengeregelde vijzel die een gebied bemaalt van 386 ha en uitslaat op de boezem. Het winterpeil is gelijk aan het zomerpeil, en bedraagt -1,4 m.



1.2 Doel

Het doel van de pilot bij Fryslan is om van zoveel mogelijk verschillende typen pompstations te bepalen of ze goed gemodelleerd konden worden, en hoe de rendementen en potentiële besparingen bij de pompstations zich tot elkaar verhouden. Van het oorspronkelijke streven van 8 tot 12 pompstation bleek echter enkel voor Liessluis en Sappetil genoeg data beschikbaar om ze met de voorgestelde aanpak te kunnen modelleren en bestuderen. Desalniettemin zijn er al een paar belangrijke verschillen tussen Liessluis en Sappetil.

- Een zeer variabele opvoerhoogte voor Liessluis en een nagenoeg vaste opvoerhoogte voor Sappetil
- Liessluis heeft mogelijkheid tot uitlaten onder vrij verval
- Liessluis bestaat uit schroefpompen (Hydrostal), en Sappetil uit een vijzel

De historische data van 2015 wordt gebruikt als input. Er wordt voor beide gemalen geoptimaliseerd op kosten (op basis van APX). De geoptimaliseerde regeling is ook vergeleken met de bestaande regeling indien ook daar APX tarieven gehanteerd zouden zijn.

2 Methode

In deze studie wordt een voor de energieprijis geoptimaliseerde sturing onderzocht voor twee gemalen. De aanpak voor beide gemalen is hetzelfde, en wordt hieronder toegelicht.

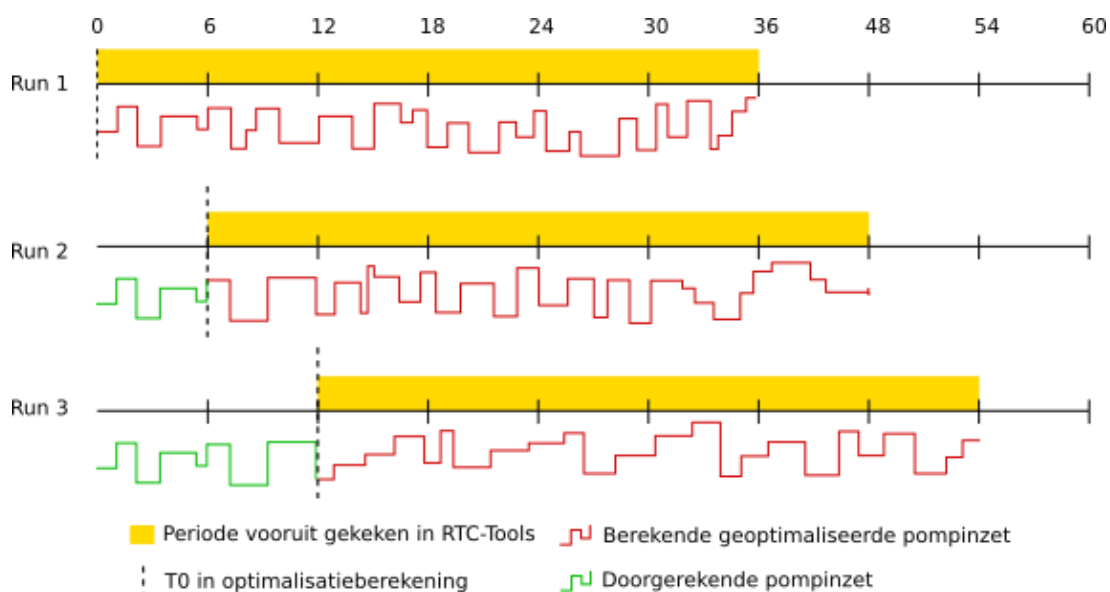
2.1 Uitgangspunten

Per gemaal wordt het uitslaande peil als vast verondersteld (het gemaal heeft geen invloed op dit peil). Van de polder wordt enkel het natte oppervlak meegenomen, en er wordt verondersteld dat dit oppervlak onafhankelijk is van de waterstand.

Randvoorwaarde binnen alle optimalisaties is dat het peilbesluit gehandhaafd wordt. Verder wordt voor beide gemalen verondersteld dat ze per schakeling minimaal een uur bemalen.

Aangezien getracht wordt om de gemalen zo efficiënt mogelijk in te zetten, zijn de rendementscurves van de pompen in de modellen opgenomen. Zowel de twee Hydrostal pompen van Liessluis als de vijzel van Sappetil kennen een variabel toerental. Afhankelijk van het toerental en de opvoerhoogte wordt een bepaald debiet verpompt en dus een bepaald rendement gerealiseerd.

De optimalisatiestrategieën worden apart van elkaar ingezet binnen een simulatie over het jaar 2015, in de periode van 1 januari tot 31 december. Gedurende deze tijdsspanne wordt steeds om de zes uur een optimale pompinzet bepaald door RTC-Tools op basis van data 36 uur vooruit, met een tijdstap van 1 uur. Van deze geoptimaliseerde pompinzet wordt de eerste 6 uur meegenomen in de kostenberekening, waarna 6 uur later een nieuwe optimalisatie wordt bepaald op basis van de volgende 36 uur. Figuur 2.1 toont een weergave van de periodeselectie in deze studie.

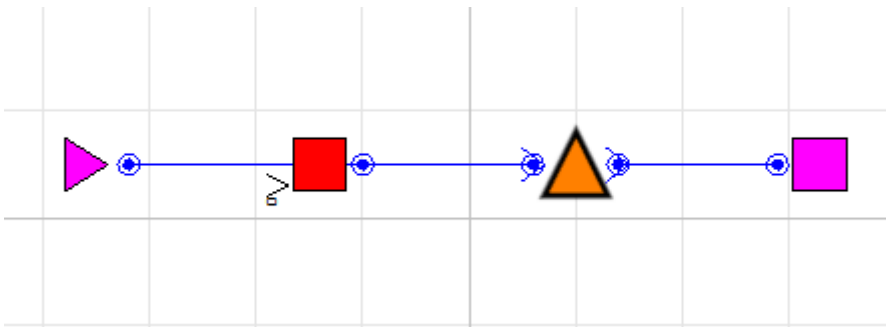


Figuur 2.1 Diagram periodeselectie RTC-tools voor drie opeenvolgende modelruns

2.2 Modelbeschrijving

De schematisatie van een gemaal binnen RTC Tools wordt getoond in Figuur 2.2, met hierin de volgende elementen:

- Roze Driehoek: instroom
- Rood vierkant: bergingsknoop voor de wateropslag in de polder
- Oranje driehoek: gemaal (pompen en/of vrije uitlaat)
- Roze vierkant: benedenstrooms waterpeil



Figuur 2.2 Schematisatie van de gemaalmodel binnen RTC Tools

Voor Liessluis bestaat het gemaal uit twee pompen en een vrije uitlaat. Voor Sappetil bestaat het gemaal uit een enkele vijzel.

Voor de referentiemodellen met een traditionele regeling o.b.v. aan-uitslagpeil wordt een vergelijkbare schematisatie gehanteerd, opdat de vergelijking eerlijk is.

2.3 Modelinput

Voor beide gemalen wordt het inkomende debiet bij gebrek aan een neerslagafvoer model gelijkgesteld aan het geregistreerde (c.q. berekende) uitgaande debiet in de TMX data. Ook wordt de registratie van de benedenstroomse waterstand opgelegd als benedenstroomse waterstandsrandvoorwaarden in het model.

De (natte) bergingsoppervlakten zijn 14,9 ha voor Liessluis, en 5,8 ha voor Sappetil. Dit is een schatting op basis van een typische waarde van 2% van het bemalingsoppervlak.

Voor alle pompen is verondersteld dat het minimum toerental 40% bedraagt van het maximum toerental, en dat bij draaien een minimale efficiëntie van 50% gehaald moet worden. Deze randvoorwaarden bepalen het toegelaten werkgebied.

2.4 Optimalisatiestrategieën

In deze studie wordt zoals genoemd geoptimaliseerd met een doelfunctie waarbij de benodigde pompenergie wordt vermenigvuldigd met de variabele energieprijis op basis van de APX. Dit beschrijft dus de kosten van het draaien van het gemaal. Deze doelfunctie wordt in de optimalisatie geminimaliseerd, wat in de praktijk betekent dat er:

1. Zo min mogelijk bemaald wordt (indien vrije uitlaat beschikbaar)
2. Zo veel mogelijk bemaald wordt op het moment dat de energieprijis laag is
3. Zo veel mogelijk bemaald wordt bij een lage opvoerhoogte

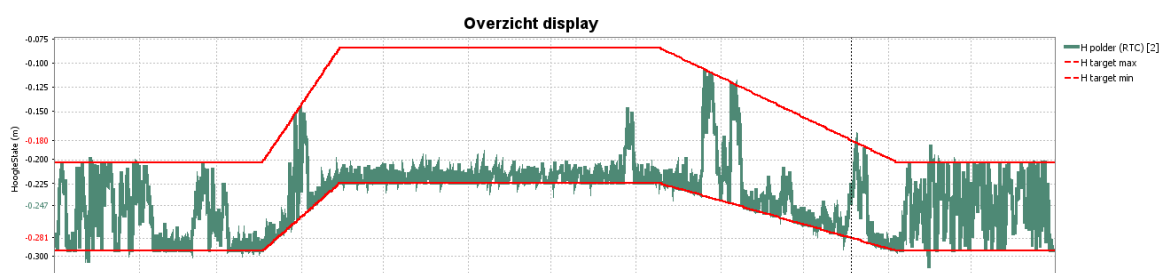
3 Resultaten

De optimalisaties op energie kosten van Liessluis en Gemaal Sappetil zijn getest over de periode van 1 januari tot 30 december 2015. Deze resultaten worden vergeleken met het referentiemodel en, waar mogelijk, ook met de gemeten waarden over deze periode.

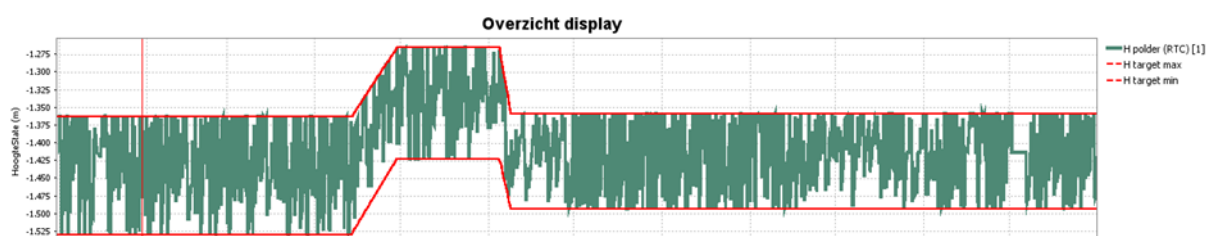
3.1 Waterstandsverloop

In Figuur 3.1 wordt het waterstandsverloop van Liessluis over het jaar 2015 getoond. Het valt op dat in de zomerperiode de waterstand steeds tegen de benedengrens van het peilbesluit aanzit. Dit komt door het gebruiken van de spuimogelijkheden die bij vrij verval water kunnen laten afvoeren. In Figuur 3.2 wordt het waterstandsverloop van Sappetil over 2015 getoond.

Bij Liessluis in de winterperiode en bij Sappetil door de hele jaar door, wordt de hele bandbreedte gebruikt om zo veel mogelijk tegen lage kosten de gemalen in te kunnen zetten.



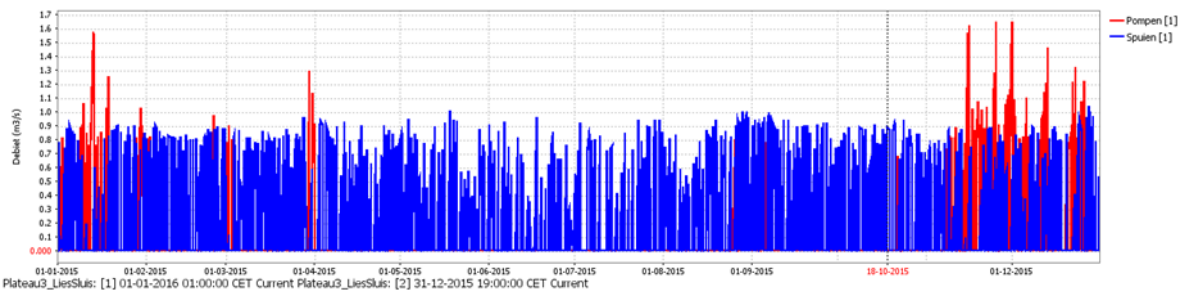
Figuur 3.1 Verloop van waterstand over 2015 voor Liessluis



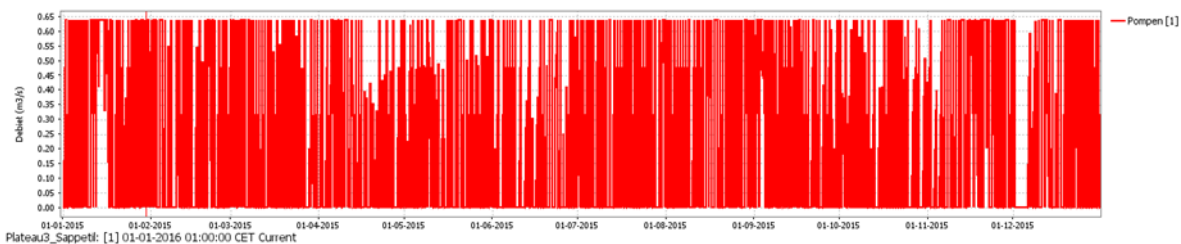
Figuur 3.2 Verloop van waterstand over 2015 voor Sappetil

3.2 Inzet pompen

In Figuur 3.3 wordt het debiet van Liessluis getoond. In rood het pompdebiet en in blauw het debiet door de sluis. Het valt op dat de sluisen zo veel mogelijk worden gebruikt. De pompen worden alleen ingeschakeld op het moment dat het niet meer mogelijk is om binnen de bandbreedte te blijven. Dit komt overeen met het doel van de optimalisatie. Figuur 3.4 toont de debieten van de pompen bij Sappetil.

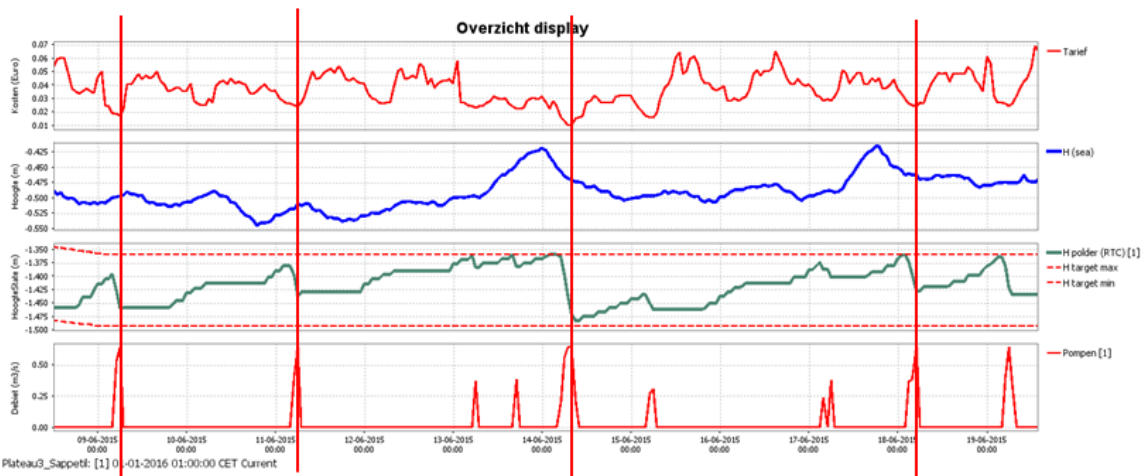


Figuur 3.3 Inzet van pompen (rood) en sluizen (blauw) bij Liessluis in het jaar 2015



Figuur 3.4 Inzet van pompen bij Sappetil in het jaar 2015

In Figuur 3.5 (Sappetil) met een detail-weergave voor de periode van 9 tot 19 juni 2015 is het interessant om te zien dat er vooral gepompt wordt (debieten in de laagste grafiek) op het moment dat de energie goedkoop is (APX prijzen op de hoogste grafiek).



Figuur 3.5 Zoom in de resultaten van Sappetil

3.3 Verbruik en kosten

In Tabel 3.1 wordt het verbruik van Liessluis getoond ten opzichte van het referentiemodel en het werkelijk verbruik. In Tabel 3.2 wordt het verbruik van Liessluis getoond ten opzichte van het referentiemodel en het werkelijk verbruik. Vanwege de aanname op het inkomende debiet door het ontbreken van een neerslagafvoer model, kunnen de gemeten waarden alleen gebruikt worden als check voor de orde grootte van de resultaten. Een vergelijking is alleen eerlijk tussen RTC-Tools resultaten en het Referentiemodel, en zal dus niet gemaakt worden tussen RTC-Tools en gemeten waarden.

| | RTC-Tools | Referentie | Gemeten |
|-------------------------------|-----------|------------|---------|
| Liessluis verbruik (kWh/jaar) | 8.689 | 20.853 | 19.676 |

Tabel 3.1 *Vergelijking optimalisatie, referentie en gemeten verbruik voor Liessluis*

| | RTC-Tools | Referentie | Gemeten |
|------------------------------|-----------|------------|---------|
| Sappetil verbruik (kWh/jaar) | 29.532 | 33.556 | 25.954 |

Tabel 3.2 *Vergelijking optimalisatie, referentie en gemeten verbruik voor Sappetil*

Ten opzichte van het referentiemodel wordt met RTC-Tools het energieverbruik van Liessluis gereduceerd met 58% en van Sappetil met 12%. Voor Liessluis is het referentieverbruik goed in lijn met het gemeten verbruik. Hier gaat het vooral om het goed gebruiken van de laag getij momenten om te spuien en goedkoop te pompen.

Opgemerkt dient te worden dat in deze pilot berekeningen perfecte voorspellingen worden gebruikt. Een tweede verklaring voor het verschil zit in het feit dat de huidige regeling geen rekening houdt met de buitenwaterstand.

Voor Sappetil realiseert de optimalisatie een kleiner verbruik dan het referentiemodel. Referentiemodel en RTC-Tools tonen een hoger energieverbruik dan gemeten in 2015. Een oorzaak kan zijn dat de optimalisatie op kosten is gedaan en niet op verbruik, maar zoals eerder gezegd, een vergelijking tussen model resultaten en de gemeten waarden is niet eerlijk.

In Tabel 4.3 worden de kosten van Liessluis getoond ten opzichte van het referentiemodel en de werkelijk kosten.

| | RTC-Tools | Referentie | Gemeten |
|-------------------------|-----------|------------|---------|
| Liessluis kost (€/jaar) | 250 | 600 | 1730 |

Tabel 3.3 *Vergelijking optimalisatie, referentie en gemeten kosten voor Liessluis*

| | RTC-Tools | Referentie | Gemeten |
|------------------------|-----------|------------|---------|
| Sappetil kost (€/jaar) | 1064 | 1282 | 1741 |

Tabel 3.4 *Vergelijking optimalisatie, referentie en gemeten waarden voor Sappetil*

Ten opzicht van de referentie model brengt de RTC-Tools model een besparing van 58% voor Liessluis en 17% voor Sappetil. Deze zijn in lijn met de besparing in verbruik.

De historische kosten zijn niet met de APX van 2015 berekend, maar met de vaste tarieven die toen afgesloten is met de leveranciers. Een groot deel van het verschil in prijs kan dus uit het verschil in tarief komen.

4 Leerpunten uit de workshop

Op 30 januari 2019 is een workshop gehouden bij waterschap Friesland om de resultaten van alle JIP Pilots te presenteren en te bediscussiëren. In deze discussie lag vooral de focus op wat er nog nodig is om Waterschap Friesland daadwerkelijk aan te gaan sturen met een optimaliserende (MPC) regeling en wat de volgende stappen zijn.

De workshop is gestart met een introductie over de ambities van Waterschap Friesland over het sturen van het watersysteem op energiegebruik en energiekosten. Ook is er op dit moment geen sprake van sturen op de onbalans van de energiemarkt en is het belangrijk om alvast in die richting te kijken met dit soort studies. De betrokkenheid van waterbeheerders in dit proces is heel belangrijk.

Daarna worden de resultaten van de verschillende pilots gepresenteerd door Deltares. Tijdens de presentatie wordt over verschillende punten gediscussieerd, onder andere:

- Het feit dat de Rayonbeheerders niet naar de buitenwaterstanden van het gemaal kijken op het moment dat gepompt moet worden. De focus is de polder.
- Het feit dat veel gemalen bij Waterschap Friesland niet op getij uitslaan,
- Op dit moment is sturen op energieprijzen nog niet toepasbaar.
- Uren aan/uit van de pompen bij resultaten van Sappetil. In vervolgstudies moeten minimale draaitijden meegenomen worden in de optimalisatie.

Verder werd door N&S het Waterbeheerportaal en de pilot bij Ropta gemaal gepresenteerd. In de pilot bij het Ropta-gemaal werd een simpele regeling gebruikt om zo veel mogelijk bij laag getij te pompen. Hier zou ook een RTC-Tools model gebouwd kunnen worden, maar de eenvoud van een simpele regeling is ook een voordeel. Zo'n regeling sluit goed aan op de huidige sturing. Voor extra complexiteit zijn ook extra investeringen nodig. Het zou interessant zijn om te kijken wat de toegevoegde waarde is van een RTC-tools model ten opzicht van een simpele regeling. De pilot van Liessluis zit heel dichtbij wat voor het Ropta ook geïmplementeerd kan worden. Probleem is misschien het ontbreken van informatie over de pompen en de QH krommen. Andersom zou de simpele laag-verval-regeling ook toegepast kunnen worden bij Liessluis om deze vergelijking te maken.

Het laatste half uur van de workshop werd gediscussieerd over de doorkijk naar toekomst. Onder anderen kwamen de volgende onderwerpen aan bod:

- Bij Waterschap Friesland is er veel nadruk op minder CO2 uitstoot, terwijl in de pilots er veel nadruk is op kostenbesparing. De twee komen vaak bij elkaar (zie pilot Zuiderzeeland). Met de ontwikkelingen in RTC-Tools die plaats hebben gevonden in deze pilots, is het vrij eenvoudig om andere doelen toe te passen (minimalisatie van verbruik).
- Samenspel van JIP Slim Malen pilots met de verruiming van peilbesluiten. Extra flexibiliteit geeft meer ruimte voor optimalisatie met minder energieverbruik en lagere kosten. Aan de andere kant laten de pilot resultaten zien dat minder energiegebruik en lagere kosten ook mogelijk zijn met het huidige peilbesluit. De twee trajecten kunnen parallel lopen.
- Hoe verder naar een MPC regeling voor het hele watersysteem als Wetterskip Fryslân op energie gaat sturen? Vanwege het groot aantal poldergemalen is het op dit moment niet mogelijk om het hele systeem (boezem en polders) in een optimalisatiemodel te

stoppen. Aan de andere kant moet nog ervaring in de praktijk gebouwd worden bij het Waterschap voordat het hele watersysteem van Wetterskip Fryslân met een MPC regeling gestuurd kan worden. Het voorstel is om met kleine stappen te beginnen, en de tools, die ontwikkeld zijn binnen JIP Slim Malen, op polder-niveau in de praktijk toe te passen. JIP Slim Malen project heeft laten zien dat bij zee en/of groot gemalen de verwachte winst in termen van kosten en energiebesparing interessant is. Op het moment dat deze tools in de praktijk gebracht worden, kan Wetterskip Fryslân ervaring doen op de techniek, het proces, de besparingen en de invloed op de boezem. Dat laatste is heel belangrijk om de meest effectieve weg te vinden naar een MPC regeling voor het hele watersysteem van Wetterskip Fryslân.

Samengevat waren de belangrijkste onderwerpen:

- Balans tussen complexiteit van sturingsmodel en winst. Meer complexiteit brengt misschien meer winst, maar ook meer investering. Het hangt van het systeem af en het is belangrijk om hiermee ervaring op te doen.
- Bij Waterschap Friesland is er veel nadruk op minder CO2 uitstoot.
- Samenspel van JIP Slim Malen pilots met de verruiming van peilbesluiten.
- Hoe verder naar een MPC regeling die het hele watersysteem van Wetterskip Fryslân op energie kan sturen?

5 Conclusies en aanbevelingen

In de pilot Slim Malen voor Wetterskip Fryslân is er naar minimalisatie van energiekosten voor twee poldergemalen gekeken, Liessluis en Sappetil. Zowel het cumulatieve energieverbruik als de cumulatieve kosten vallen lager uit dan in de referentiesituatie. Voor Liessluis kan het gebruik van RTC-Tools leiden tot een besparing van 58% in energie verbruik kosten. Voor Sappetil kan het gebruik van RTC-Tools leiden tot besparing van 12% in energie verbruik en 17% in kosten. Deze besparingen zijn mogelijk door de gemalen te sturen op APX prijzen en de rendement curves en buitenwaterstanden mee te nemen in zijn regeling. In de praktijk kunnen de volgende aanbevelingen gemaakt worden:

- Malen met laagtij, en dus met lagere opvoerhoogtes; dat wordt op dit moment niet gedaan.
- Malen met lage kosten van elektriciteit (geldt op dit moment voor dag/nacht tarieven)
- Malen met hoge efficiëntie van de pompen.

Wel dient hier genoteerd te worden dat voor deze pilot op dit moment vrij veel aannames gedaan moesten worden, die het onmogelijk maken om de resultaten eerlijk te vergelijken met de metingen van energieverbruik en -kosten. Verwacht mag worden dat in de praktijk de besparingen iets lager zullen uitvallen. Het wordt aanbevolen om de tools, ontwikkeld binnen JIP Slim Malen, bij een aantal gemalen in de praktijk te toetsen, om de getallen over de besparing op energiegebruik en -kosten te schatten. Dit vooral als naar het hele watersysteem van Wetterskip Fryslân gekeken moet worden.

Een aanbeveling voordat op operationele aansturing overgegaan wordt is om een onderzoek uit te voeren waarin voorspellingen gebruikt worden voor de optimalisatie en eventueel randapparatuur ook wordt meegenomen. Hiermee kan een realistischer beeld gevormd worden van de potentie van MPC sturing.

Tijdens deze pilot is niet naar minimalisatie van energieverbruik gekeken. Aan de andere kant werd duidelijk tijdens de workshop dat bij Wetterskip Fryslân de nadruk op minder CO₂ uitstoot ligt. De doelfunctie kan hierop aangepast worden; zie bijvoorbeeld de pilot bij Zuiderzeeland. Aanbeveling hierin is om een optimalisatiestrategie te kiezen op basis van beleidsdoelstellingen van het waterschap.

Als onderdeel van Slim Malen is het RTC-tools product door Deltares uitgebreid met onder andere optimalisatie door opvoerhoogte. In de pilot is duidelijk aangetoond dat deze uitbreiding werkt en geschikt is om toe te passen in de praktijk.