

Op zoek naar een optimaal ontwerp voor een groot uitwateringsgemaal in het Lauwersmeer

Wetterskip Fryslân en Waterschap Noorderzijlvest ontwikkelen plannen om bij Lauwersoog een groot uitwateringsgemaal te bouwen. Het hoogwater in het noorden van Nederland in de eerste week van januari toonde het belang van dit gemaal opnieuw aan. Veranderingen in het klimaat beïnvloeden de pompkeuze en de toekomstige bedrijfsvoering. Met een verkennende scenario-studie zijn de effecten van het gemaal inmiddels inzichtelijk gemaakt. Hiervoor ontwikkelde Deltares een koppeling tussen de hydraulische modellen van het boezemstelsel (Sobek) en het toekomstige gemaal en het huidige spuisluisen-complex (Wanda).

Het Lauwersmeer neemt een belangrijke positie in voor de waterhuishouding van Noord-Nederland. Het wordt gezien als het knooppunt in de waterafvoer vanuit het achterland van Friesland, Groningen en Drenthe naar de Waddenzee. De waterhuishouding is zodanig ingericht dat overtollig water vanuit het achterland in normale omstandigheden via het Lauwersmeer onder vrij verval geloosd kan worden¹⁾. Met behulp van de R.J. Cleveringsluizen wordt de waterhoogte in het Lauwersmeer beheerd. Indien de waterhoogte op de Waddenzee voldoende laag is, worden de schuiven geopend en loost het complex richting de Waddenzee. Als de waterhoogte in de Waddenzee boven de waterhoogte in het Lauwersmeer ligt, voorkomen de R.J. Cleveringsluizen dat water van de Waddenzee het Lauwersmeer instroomt. Het Lauwersmeer fungeert in dit geval als bergruimte voor de bovenstroomse wateraanvoer.

Door klimaatverandering, bodemdaling en zeespiegelstijging komt het lozen onder vrij verval onder druk te staan. Het hoogwater in de eerste week van januari kan hiervoor als een soort voorproef worden gezien. Nadat in december al behoorlijk veel neerslag (circa 200 mm) was gevallen, viel in het noorden van Nederland opnieuw in enkele dagen tijd circa 50 mm met als gevolg een hoge afvoer naar het Lauwersmeer toe. Een sterke noordwestenwind zorgde tegelijkertijd echter voor hogere waterstanden op de Waddenzee. Gedurende het hoogwater in januari was het daardoor drie dagen lang niet mogelijk water uit het Lauwersmeer in de Waddenzee te lozen. In verband met de hoge afvoer vanuit het achterland steeg de waterhoogte op het Lauwersmeer met als gevolg extreem hoogwater, zowel op het Lauwersmeer als op de boezems van Waterschap Noorderzijlvest en Wetterskip Fryslân.

Om dergelijke situaties van wateroverlast in de toekomst te voorkomen, bereiden Wetterskip Fryslân en Waterschap Noorderzijlvest samen een uitbreiding van de afwatering van het Lauwersmeer voor door een ontwerp voor een gemaal bij Lauwersoog te maken. Het gemaal moet garanderen dat in de toekomst, en onder veranderende omstandigheden, het risico op wateroverlast in beide beheergebieden binnen acceptabele grenzen blijft.

In 2010 voerde Deltares een verkennende studie uit naar de werking van een gemaal dat water verpompt van het Lauwersmeer naar de Waddenzee in combinatie met het spuicomplex en effect hiervan op de waterhoogte in het Lauwersmeer onder veranderende klimaatomstandigheden²⁾. Deltares gebruikte hiervoor een gekoppeld model Sobek-Wanda³⁾. Hiermee is het mogelijk om het waterbeheer in het Lauwersmeer en de werking van de R.J. Cleveringsluizen en het geplande gemaal in Lauwersoog in detail te simuleren.

Afbeelding 1 toont de opzet van het gekoppeld model weer. Het watersysteem Lauwersmeer is als eendimensionaal hydraulisch model met Sobek geschemati-

seerd, het Wanda-model vertegenwoordigt het Lauwerssluisencomplex, bestaande uit het nieuw te bouwen gemaal Lauwersoog en de R.J. Cleveringsluizen. In Nederland gebruiken veel waterschappen en adviesbureaus Sobek om de 1D-hydraulische stroming in open waterlopen te berekenen. Sobek bevat ook functionaliteiten om sluisen en pompen te modelleren, maar deze kunstwerken zijn in Sobek pragmatisch geïmplementeerd. Wanda wordt veel toegepast bij waterschappen en bureaus, voornamelijk voor ontwerp en operationele vraagstukken met betrekking tot pomp- en persleidingsystemen. Het Wanda-pompmodel simuleert het gedrag van een pomp (capaciteit, rendement en vermogen) fysisch correct op basis van de ingevoerde pompkarakteristieken, maar is niet in staat het omliggende watersysteem in detail te modelleren.

Om de sterke punten van Sobek en Wanda op een goede manier te combineren, is een koppeling noodzakelijk. Hiervoor gebruikt Deltares OpenMI^{4),5)} (Open Modelling Interface). Programma's die van zo'n interface zijn voorzien, kunnen op een gestandaardiseerde manier met elkaar op tijdstapbasis gegevens uitwisselen. In het voorliggende geval wordt de waterhoogte in het

Afb. 1: Opzet van het volgens de OpenMI-standaard gekoppeld systeem uit een Sobek- en een Wanda-model en uitwisseling van modelresultaten.



Lauwersmeer, gesimuleerd met Sobek, naar Wanda gestuurd. Wanda gebruikt de waterhoogte als randvoorwaarde, om daarmee de opvoerhoogte en debiet van de pompen te berekenen inclusief de benodigde energie. Ook hangt het debiet door de spuisluizen af van de waterhoogte op het Lauwersmeer. Het totale debiet van het spuicomplex wordt teruggegeven aan het hydraulische Sobek-model. Samen met de wateraanvoer richting Lauwersmeer wordt door Sobek de nieuwe waterhoogte in het Lauwersmeer berekend.

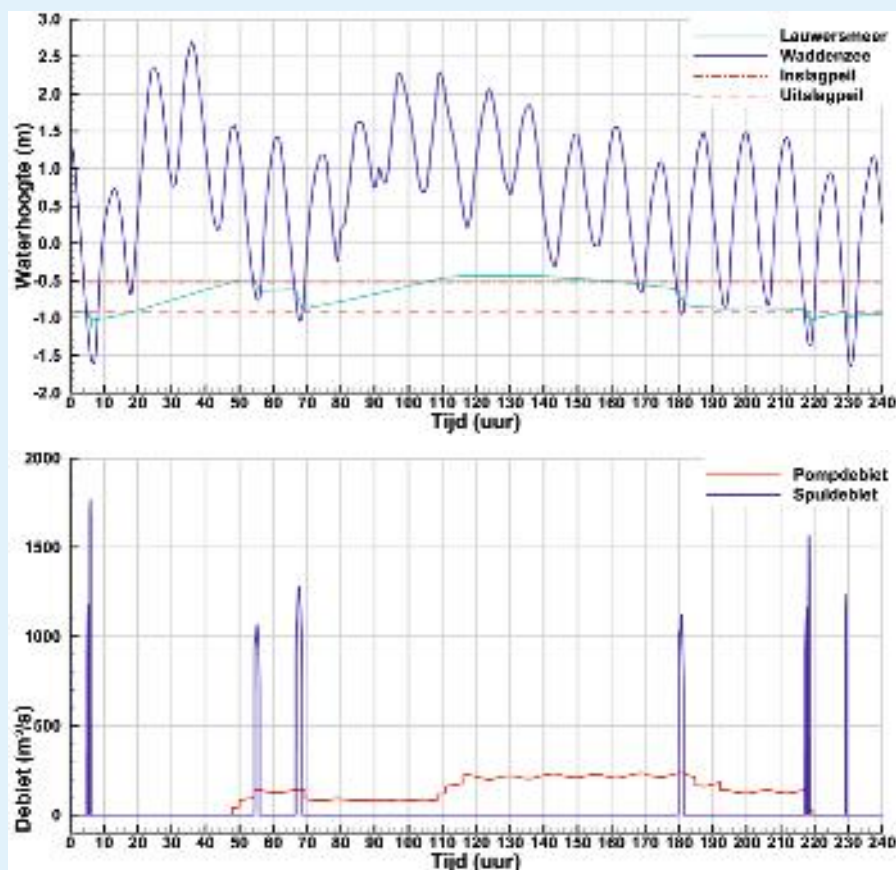
Voor het instroomdebiet is een maatgevende tiendaagse afvoergolf gehanteerd op basis van historische data van de waterschappen²⁾.

Voor de pompcapaciteit van het nieuwe gemaal is uitgegaan van een eerder uitgevoerde studie waarbij vijf grote pompen van een capaciteit van elk 34 kubieke meter per seconde bij vier meter opvoerhoogte voorzien zijn. De pompen opereren op een vast toerental. De eerste pomp komt in bedrijf bij een inslagpeil van NAP -0,52 meter en schakelt uit bij NAP -0,93 meter. Voor elke volgende pomp ligt het in- en uitschakelpeil twee centimeter hoger. De spuisluizen zijn in bedrijf als de waterhoogte op de Waddenzee lager is dan die op het Lauwersmeer. De waterhoogte op de Waddenzee wordt voorgeschreven door een realistische getijdereeks.

Resultaten

Afbeelding 2 toont de waterhoogte in het Lauwersmeer en de Waddenzee, het debiet van het geplande gemaal Lauwersoog en het spuidebiet van de R.J. Cleveringsluizen. De waterhoogte in het Lauwersmeer is een Sobek-simulatie resultaat waarin spui- en pompdebiet van Wanda zijn verdisconteerd door de koppeling met OpenMI. De door Wanda berekende pompcapaciteit wordt daarnaast beïnvloed door de variërende opvoerhoogte als gevolg van getijdewerking.

Zowel de spuisluizen als het gemaal zijn actief in de periode van T=48 uur tot T=218 uur. Spuien gebeurt gedurende korte periodes met een hoog debiet, terwijl het



Afb. 2: Waterhoogte in het Lauwersmeer en op de Waddenzee (boven) met inslag- en uitslagpeil van het gemaal, het debiet van het gemaal en het debiet van de spuisluizen (beneden).

gemaal over een lange periode een lager debiet pompt. In het voorliggende scenario kan in verband met de hoge waterstand in de Waddenzee over een lange periode van rond 4,5 dag (T=69 uur tot T=179 uur) geen water onder vrij verval geloosd worden. Daarmee is dit fictieve scenario vergelijkbaar met de hoogwatersituatie in de eerste week van januari. Als gevolg van landinwaarts gerichte wind verhoogde de waterstand op de Waddenzee met circa twee meter. Omdat deze verhoging van de waterstand gedurende laagtij aanhield, bleef daarmee de waterstand op de Waddenzee hoger dan in het Lauwersmeer en was er drie dagen lang geen mogelijkheid om te spuien.

De simulatieresultaten in afbeelding 2 geven een voorbeeld hoe een gekoppeld modelinstrumentarium het effect van spuien en pompen op de waterhoogte in het Lauwersmeer inzichtelijk maakt. Andersom toont het de invloed van het watersysteem op de benodigde pomp- en spui capaciteit van de spui complex aan. Daarnaast is het met het instrumentarium mogelijk de bedrijfsvoering van het gemaal in detail te bestuderen. De eerste grafiek in afbeelding 3 toont het verpompte debiet per pomp voor het bovengenoemde scenario. Dit debiet varieert als gevolg van de wisselende opvoerhoogte. De grafiek daaronder laat de waterhoogte in het Lauwersmeer en de Waddenzee zien wat overeenkomt met de zuig- en perspeilen van de pompen. Na het overschrijden van het inslagpeil van NAP-0,52 m in het Lauwersmeer gaat pomp 1 op T=48 uur aan. Na elke 0,02 meter waterhoogtestijging schakelen pomp 2 en 3 aan. Spuien en pompen laat de waterhoogte weer dalen, vervolgens bereikt op T=69 uur de waterhoogte het uitschakelniveau van pomp 3. Op T=109 uur start pomp 3 in verband met een stijgende waterhoogte weer, kort daarna gevolgd door pompen 4 en 5. Pas op T=184 uur is de waterhoogte laag genoeg om de pompen één voor één uit te laten schakelen. Verder toont afbeelding 3 in het onderste diagram het vermogen per pomp. Integratie van deze grafiek levert direct het benodigde energieverbruik. Uit de grafiek blijkt duidelijk (bijvoorbeeld rond T=150 uur) dat het pompen met een vast toerental bij hoogtij



meer vermogen kost en gepaard gaat met een lager effectief debiet.

Met het gekoppelde model bestaat nu de mogelijkheid om besturingsprotocollen te optimaliseren in energie- en/of kostenverbruik, waarbij direct het effect op de waterhoogte in het Lauwersmeer inzichtelijk wordt gemaakt. Een scenario kan bijvoorbeeld zijn om rekening te houden met verschillende prijzen voor nacht- en dagstroom. In de periode tussen T=69 uur en T=109 uur zou het zinvol kunnen zijn om in plaats van continu twee pompen in bedrijf drie of vier pompen alleen gedurende laagtij te laten draaien, juist als de opvoerhoogte gering is.

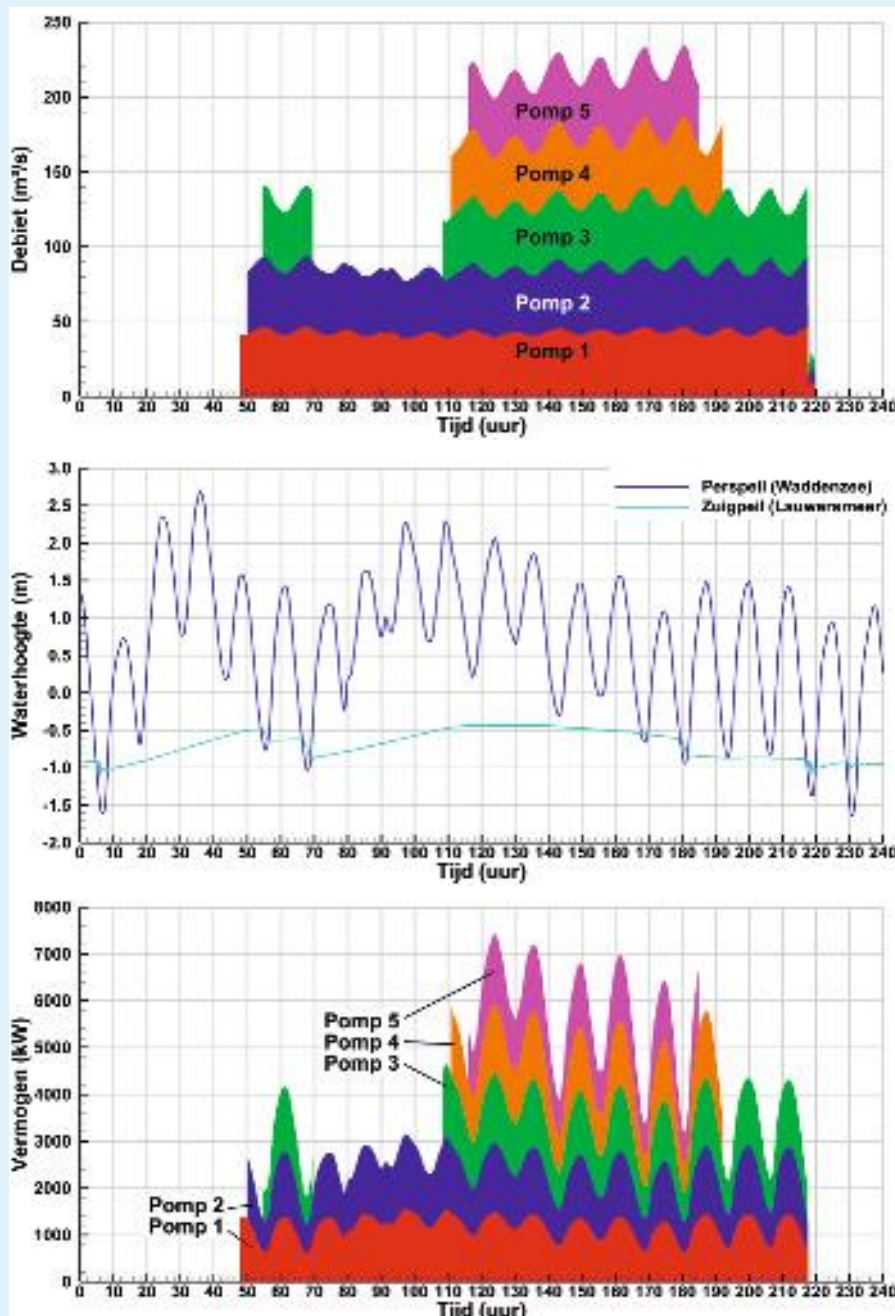
Conclusies en vooruitzichten

Het hoogwater in het Lauwersmeer in de eerste week van januari toonde aan dat in het geval van veel neerslag in combinatie

met landinwaarts gerichte wind het uitwateringscomplex R.J. Cleveringsluizen niet toereikend is om voldoende waterafvoer naar de Waddenzee te waarborgen. Gezien de verwachte zeespiegelstijging, bodemdaling en het verwachte, vaker optreden van extreme weeromstandigheden lijkt het noodzakelijk het bestaande spui-complex met een gemaal uit te breiden.

Door het koppelen van Sobek en Wanda met OpenMI is een eerste stap gemaakt voor een optimaal ontwerp van de te bouwen spui- en pompcomplex Lauwersmeer. De keuze van het aantal pompen en de bedrijfsvoering kunnen hiermee in detail worden bestudeerd om het ontwerp te optimaliseren. Door een geavanceerde sturing kunnen de pompkosten bij een bepaald veiligheidsniveau laag worden gehouden, door ze alleen gedurende de nachturen of gedurende laagtij in te zetten.

Afb. 3: Tijdreeks debiet (boven) en vermogen (beneden) voor pompen 1 tot 5 en pers- en zuigpeil (midden).



Boezemgemaal

Een ander actueel onderzoek richt zich op de sturing van de boezemgemaal. Anders dan *feedback control*, waar een gemaal aan de hand van de actuele situatie wordt gestuurd, neemt een *predictieve sturing* een voorspeld systeemgedrag mee. Door vroegtijdig spuien en pompen kan bijvoorbeeld extra bergingsruimte voor een verwachte hoge neerslagafvoer worden gecreëerd. De eerste resultaten laten zien dat de hoogwaterpiek op bepaalde locaties in het beheergebied van Waterschap Noorderzijlvest met een *predictive sturing* kan worden verlaagd met rond 20 cm ten opzichte van de conventionele *feedback control*⁷⁾. Daarnaast kan met een optimalisatie van pompkosten bij gelijkblijvend veiligheidsniveau worden gestuurd. Dit kan alleen al bij Waterschap Noorderzijlvest rond 150.000 tot 200.000 euro aan pompkosten per jaar besparen⁷⁾.

De investering voor een gemaal in het Lauwersmeer moet goed worden onderbouwd. Wetterskip Fryslân en Waterschap Noorderzijlvest beheren elk Sobek-modellen voor hun beheergebied. Deze twee boezemmodellen zijn inmiddels ook via OpenMI met elkaar gekoppeld⁶⁾. Daarmee staat een instrument ter beschikking dat inzicht geeft in het samenhangend functioneren van de Friese Boezem, de Boezem Noorderzijlvest en het Lauwersmeer. Naast een groot deel van het hydraulische systeem van het stroomgebied dat in het Lauwersmeer loost, zijn daarin ook neerslagafvoerprocessen en de sturing van het watersysteem mee genomen. Het is de bedoeling het hier voorgestelde instrumentarium Sobek-Wanda uit te breiden met deze twee boezemmodellen.

**Bernhard Becker, Ruben Dahm, Klaas-Jan van Heeringen, Neeltje Goorden, Nienke Kramer en Kees Kooij (Deltares)
Jan Gooijer (Waterschap Noorderzijlvest)
Joca Jansen (Wetterskip Fryslân)**

NOTEN

- 1) HKV Lijn in water (2008). Bepalen afvoercapaciteit R.J. Cleveringsluizen. Plan van Aanpak.
- 2) Deltares (2010). Gemaal Centraal Lauwersmeer. Een verkennende scenariostudie. Rapport 100430-000.
- 3) Deltares (2009). Developing an OpenMI based coupling between WANDA and SOBEK. Rapport 1201044-000.
- 4) OpenMI Association: OpenMI A new era in integrated water management. www.openmi.org.
- 5) Gregersen J., P. Gijssbers en S. Westen (2007). OpenMI: Open modelling Interface. Journal of Hydroinformatics nr. 3, pag. 175-191.
- 6) Deltares (2012). Koppelen Sobek-modellen Wetterskip Fryslân en Noorderzijlvest via OpenMI. Rapport 1204514-000.
- 7) Gooijer J. (2011). Innovation in regional water management based on Delft-FEWS, OpenMI & Real-Time Control. Presentatie tijdens FEWS-gebruikersdag in Delft, 2 november 2011.