

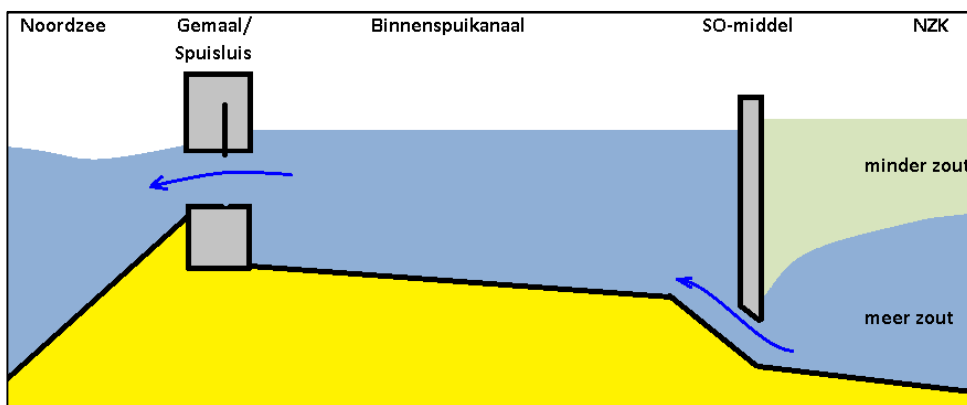
1. Inleiding

Naar aanleiding van het overleg van de werkgroep Water van donderdag 2 februari 2016 heeft Hilga Sikma (Waternet) namens de waterschappen aan RWS-GPO een aantal vragen gesteld over de gevolgen van de Selectieve Onttrekking voor het waterbeheer. Het primaire doel van de selectieve onttrekking is het wegnemen van de extra zoutbelasting die ontstaat t.g.v. de nieuwe sluis bij IJmuiden. Het recente onderzoek van Deltares heeft aangetoond dat hieraan voldaan kan worden. Een belangrijke randvoorwaarde voor de selectieve onttrekking is dat zij slechts een minimale invloed mag hebben op de afvoercapaciteit van het spui/gemaal. In de komende periode wordt deze randvoorwaarde verder uitgewerkt tot een functionele eis voor het ontwerp van de selectieve onttrekking. Uitgangspunt daarbij is voornamelijk een vaste constructie met zo min mogelijk bewegende delen. Deze memo gaat in op de vragen van de waterschappen en de nog openstaande vragen die daarmee samenhangen. Het is daarmee een groeidocument. De huidige versie geeft een tussenstand.

Voordat op de vragen wordt ingegaan wordt eerst een kwalitatieve beschouwing gegeven over de werking en de effecten van de selectieve onttrekking bij IJmuiden.

2. Werking en globale effecten selectieve onttrekking

Bij selectieve onttrekking wordt gebruik gemaakt van het gegeven dat het zwaardere, zoute water zich op een grotere diepte in de waterkolom bevindt dan het zoete water. Een vaste constructie met een diepgelegen opening verbindt deze zoute onderlaag in het Noordzeekanaal met het Binnenspuikanaal. Wanneer overtollig water op het Noordzeekanaal door middel van spuien en/of pompen wordt afgevoerd naar de Noordzee wordt water onttrokken aan de zoute onderlaag en op die manier kan het zoutbezwaar worden afgevoerd. In figuur 1 is dit schematisch weergegeven.



Figuur 1 Schematische werking selectieve onttrekking

Hierdoor is vooral bij lage afvoeren het zoutgehalte van het afgevoerde water veel hoger dan zonder selectieve onttrekking. Berekeningen van Deltares laten voor gemiddelde afvoeromstandigheden (eerste helft 2013) zien dat op deze manier het extra zout ten gevolge van het gebruik van de Nieuwe Sluis volledig kan worden afgevoerd en ook in een droge periode (2003), die meerdere weken aanhoudt, lukt dat vrijwel volledig [1].

De invloed van selectieve onttrekking op de afvoercapaciteit is tweeledig. Enerzijds is er de hydraulische weerstand van de selectieve onttrekking. Anderzijds zijn er door de veranderingen in zoutgehalte dichtheidseffecten die op verschillende manieren van invloed zijn op de afvoercapaciteit. Op deze effecten wordt hierna ingegaan.

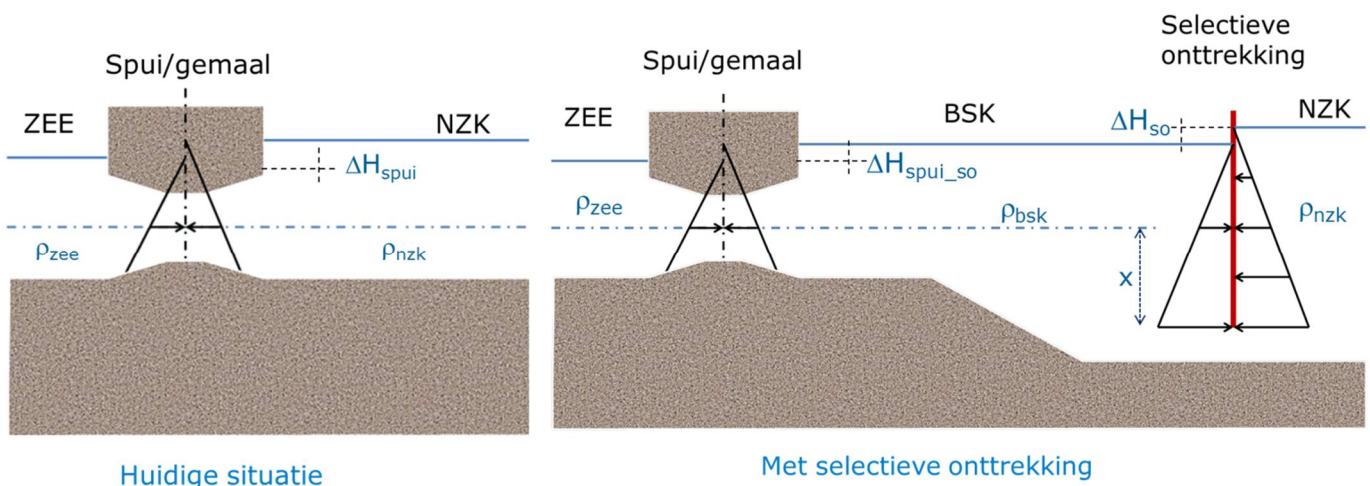
Hydraulische weerstand

De hydraulische weerstand van de selectieve onttrekking vertaalt zich in een verval over de constructie en daardoor een peilverlaging in het Binnenspuikanaal. Het verval is afhankelijk van de stroomsnelheid door de constructie en daarmee van de grootte van de opening, en de vormgeving ervan (afvoer coëfficiënt). Omdat dit verval uitsluitend optreedt wanneer er water wordt afgevoerd, noemen we dit het dynamische verval.

Door de verlaging van de waterstand in het Binnenspuikanaal zal, om te kunnen spuien, een groter waterstandsverschil tussen het peil op het Noordzeekanaal en de Buitenhaven nodig zijn dan in de huidige situatie. Zowel het spuienster als het spuiverval nemen daardoor af t.o.v. de huidige situatie (zie ook figuur 3). Tijdens pompen verhoogt de lagere waterstand in het Binnenspuikanaal de opvoerhoogte t.o.v. de huidige situatie. Onder normale omstandigheden (bij lage vervallen over het gemaal) levert dat geen beperking op voor de pompcapaciteit¹, maar bij hoge vervallen (bij een extreem hoog water op zee) wordt de maximale opvoerhoogte eerder bereikt en kan niet meer gepompt worden.

Dichtheidseffecten

Het gevolg van selectieve onttrekking is dat door het toegenomen zoutgehalte de dichtheid in het Binnenspuikanaal zal toenemen t.o.v. de dichtheid op het



Figuur 2 Effect dichtheid zonder (links) en met selectieve onttrekking (rechts)

(ΔH =verval; ρ =dichtheid; x =hoogteverschil SO en spui)

Noordzeekanaal. Omdat ter hoogte van de opening onder de selectieve onttrekking de waterdruk aan beide zijden gelijk is, zal door de hogere dichtheid in het Binnenspuikanaal

¹ De huidige pompcapaciteit wordt onder normale omstandigheden dus niet beperkt. Het is echter wel zo dat omdat de opvoerhoogte groter wordt, het afvoeren van een zelfde hoeveelheid water in de toekomst meer energie zal kosten.

de waterstand lager zijn dan op het Noordzeekanaal. Dit geeft een extra verval over de selectieve onttrekking, dat afhankelijk is van de dichtheid op het Binnenspuikanaal en de diepte waarop de opening in de selectieve onttrekking zich bevindt. Dit verval is onafhankelijk van de afvoer en noemen we het statische verval. Bij het spui/gemaal treedt een vergelijkbaar effect op omdat de dichtheid in de Buitenhaven weer groter is dan in het Binnenspuikanaal. Dit compenseert een deel van het verval over de selectieve onttrekking. Omdat de spuiopening en de maalopening minder diep ligt dan de opening van de selectieve onttrekking is het resultaat dat er t.o.v. de huidige situatie een extra (negatief) verval ontstaat tussen het NZK en de buitenhaven.

Het totale statische verval over de combinatie van spui/gemaal en selectieve onttrekking is groter dan het verval in de huidige situatie. Het extra verval is afhankelijk van de 3 dichtheden (Noordzeekanaal, Binnenspuikanaal en Buitenhaven) en van het hoogteverschil tussen de openingen in het spui/gemaal en de selectieve onttrekking. In figuur 2 zijn beide situaties (met en zonder selectieve onttrekking) geïllustreerd.

Voor het spuien heeft het extra verval door de dichtheidsverschillen hetzelfde effect als hiervoor beschreven bij de hydraulische weerstand van de selectieve onttrekking. Het extra verval resulteert in een verkorting van het spuivenster en een afname van het spuiverval t.o.v. de huidige situatie. Er zal dus minder gespuid kunnen worden en daardoor zal er meer en vaker gepompt moeten worden. Hierdoor zal het onderhoud aan de pompen kunnen toenemen en dat heeft mogelijk invloed op de beschikbaarheid van de pompen. Het effect daarvan op de waterstanden zal nader onderzocht moeten worden. Het pIHP model voor het gemaal/spui kan inzicht geven in de effecten op het onderhoud en met het DEZY model kan dan bepaald worden wat dat voor de waterstanden betekent.

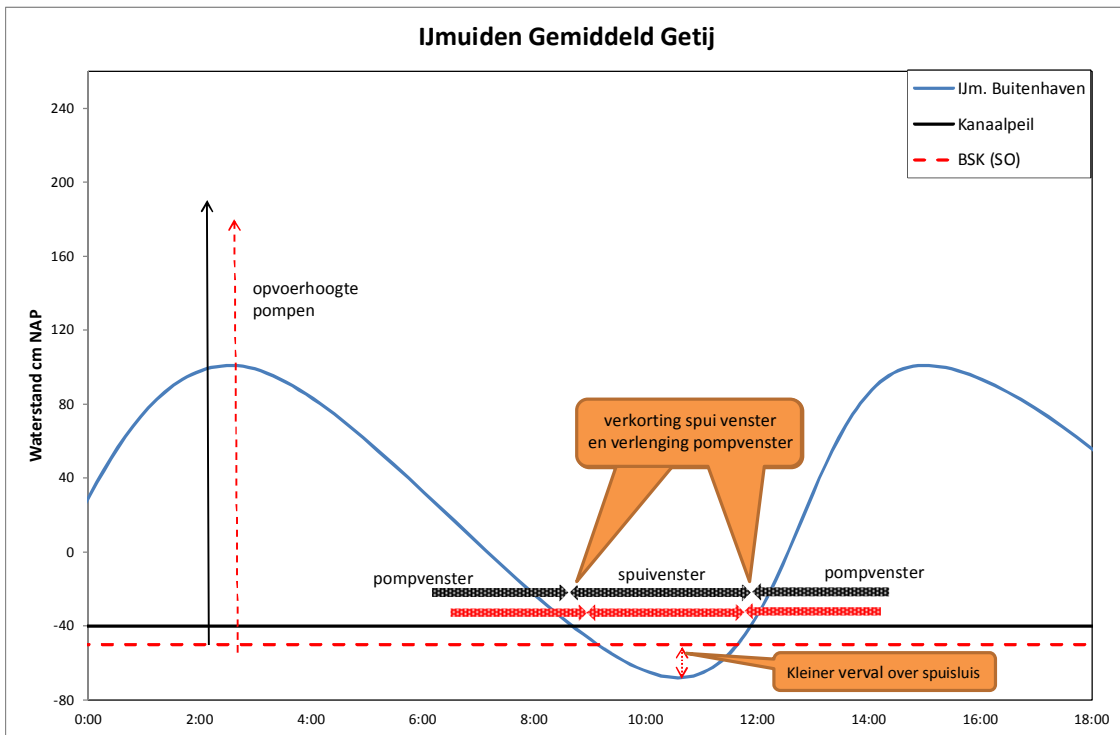
Voor het pompen wordt de opvoerhoogte bepaald door het drukverschil ter hoogte van de pomp tussen zeezijde en binnenzijde. In de huidige situatie wordt de druk aan de binnenzijde bepaald door de waterstand op het Noordzeekanaal en de dichtheid daar. Met selectieve onttrekking wordt de druk aan de binnenzijde lager door de lagere waterstand op het Binnenspuikanaal en hoger door de hogere dichtheid daar. Omdat het effect van de verlaagde waterstand groter is dan het effect van de hogere dichtheid resulteert dit in een verhoging van de opvoerhoogte t.o.v. de huidige situatie. Ook hiervoor geldt dat dit onder normale omstandigheden (bij lage vervallen) geen beperking oplevert voor de afvoercapaciteit (wel extra energiekosten), maar bij zeer hoge vervallen wordt de maximale opvoerhoogte eerder bereikt en kan niet meer gepompt worden. Met het oog op de toekomstige zeespiegelrijzing is dit wel een aandachtspunt. Dit moet worden meegenomen in de toekomstverkenning gemaal door WNN².

Gecombineerd effect

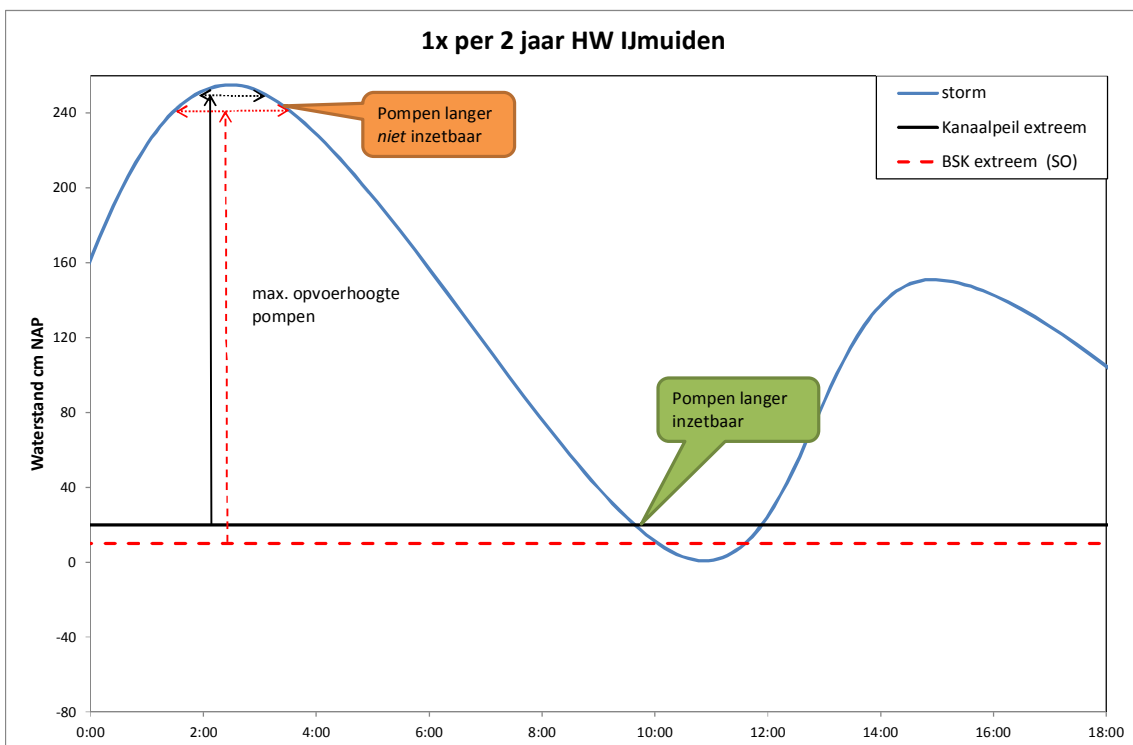
Alle hierboven beschreven effecten van selectieve onttrekking op de afvoerfunctie zijn steeds weergegeven als een toename van het verval over het spui/gemaal. Op die wijze kunnen de effecten op de afvoer ook goed geïllustreerd worden. In figuren 3 en 4 is dat gedaan voor een gemiddeld getijsituatie en een extreme 1x per 2 jaar situatie. Bij gemiddeld getij (figuur 3) wordt door de selectieve onttrekking het spuivenster korter en

² In het kader van de bespreking van de KES in het bestuur van WNN is afgesproken om de toekomstverkenning gemaal nu al te starten i.p.v. pas in 2025.

neemt het spuierval af waardoor er minder water kan worden gespuid. Om dat op te vangen moet er meer en langer worden gepompt.



Figuur 3 Schematische weergave effect SO op spuien en pompen bij gemiddeld getij



Figuur 4 Schematische weergave effect SO op spuien en pompen bij 1x per 2 jaar

Ook de opvoerhoogte neemt toe, maar dat vormt geen beperking op de afvoercapaciteit omdat de maximale opvoerhoogte van de pomp niet wordt bereikt. Bij extremere omstandigheden (figuur 4) zijn de effecten vergelijkbaar, maar nu wordt de maximum

opvoerhoogte wel bereikt waardoor de pompen langer niet gebruikt kunnen worden. In beide gevallen kunnen de effecten gecompenseerd worden met het toevoegen van extra pompcapaciteit (eventueel in combinatie met voormalen). Dit sluit aan bij de mogelijke aanpak bij zeespiegelstijging. De effecten die daarbij optreden zijn voor de afvoer vergelijkbaar met die van selectieve onttrekking.

3. Vragen Waterschappen

De volgende vragen zijn gesteld:

1. Wat is het effect van de selectieve onttrekking op de waterpeilen op Noordzeekanaal (NZK), Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) en de Amstel Gooi en Vecht (AGV) boezem, zowel voor spui ($500 \text{ m}^3/\text{s}$) als maximale gemaal afvoer ($260 \text{ m}^3/\text{s}$)? Hoe zien de verhanglijnen er uit?
2. Wat is het verhang over het kunstwerk selectieve onttrekking zelf?
3. Wat is het effect van de selectieve onttrekking op de capaciteit van gemaal IJmuiden? O.a. ivm zout water afvoer en dus grotere dichtheid? Hoeveel neemt de capaciteit t.o.v. de huidige situatie af?
4. Wat betekent het extra verhang over de selectieve onttrekking voor de werking van de spui en gemaal? Het Binnenspuikanaal (BSK) kan sneller een iets lager peil krijgen dan het NZK en dat kan effect hebben op de duur van spuien en malen.
5. Wat is het effect van de selectieve onttrekking in de toekomst als klimaatverandering optreedt en bijv. ook extra gemaalcapaciteit is bij gebouwd? B.v. uitgaan van $100 \text{ m}^3/\text{s}$ extra gemaalcapaciteit en hogere zeestanden. Wat betekent dit voor bovenstaande vragen?

Deze worden hierna behandeld.

3.1 Effect SO op peilen NZK, ARK en AGV

Door selectieve onttrekking (SO) ontstaan er directe veranderingen in het Binnenspuikanaal tussen de constructie voor selectieve onttrekking en het spui- en maalcomplex. Omdat de peilsturing op het Noordzeekanaal ongewijzigd blijft zal er onder normale omstandigheden (lage afvoeren en geen extreem hoogwater) geen invloed zijn op het peil en de verhanglijnen op het Noordzeekanaal. Dit beeld wordt bevestigd in Deltares berekeningen voor normale omstandigheden waarbij de verhanglijnen met en zonder SO zijn vergeleken. Daarbij moet echter opgemerkt worden dat het eventuele effect van translatiegolven hierin nog niet is meegenomen. Deltares zal dit effect nog vaststellen waarna de invloed op de waterstanden nader bepaald zal worden.

De veranderingen in het Binnenspuikanaal door SO veroorzaken enerzijds een verschuiving van spuien naar pompen, anderzijds neemt de opvoerhoogte voor de pompen toe (zie ook onder vraag 3). Daarom wordt verwacht dat de grenzen van het huidige waterafvoersysteem eerder bereikt zullen worden. In paragraaf 4.2 wordt op de invloed hiervan op de overschrijdingslijn van de waterstanden in het Noordzeekanaal nader ingegaan op basis van berekeningen met het DEZY model.

Eventuele effecten op de waterstanden kunnen worden ondervangen door maatregelen in de vorm van extra pompcapaciteit of mogelijk met voormalen. Hierop wordt in paragraaf 4.2 ook ingegaan.

3.2 Verval over de SO

Het verval over de SO wordt bepaald door het af te voeren debiet door de SO en de grootte en de vormgeving (afvoer coëfficiënt) van de opening in de SO. Dit is momenteel nog onderwerp van studie in samenhang met de maximale waterafvoer en zal uiteindelijk in het programma van eisen worden opgenomen. Bij een reële effectieve doorstroomopening van 480m^2 en een debiet van $500\text{m}^3/\text{s}$ is het verval over de SO ca 6 cm. Het verval neemt kwadratisch af met toename van de doorstroomopening. Bij een 20% groter oppervlak neemt het verval met ruim 40% af naar 4 cm. Nota bene: dit verval uit zich in een extra peilverlaging in het Binnenspuikanaal, bovenop de peilverlaging door de hogere dichtheid.

3.3 Effect SO op capaciteit gemaal (en spui) IJmuiden

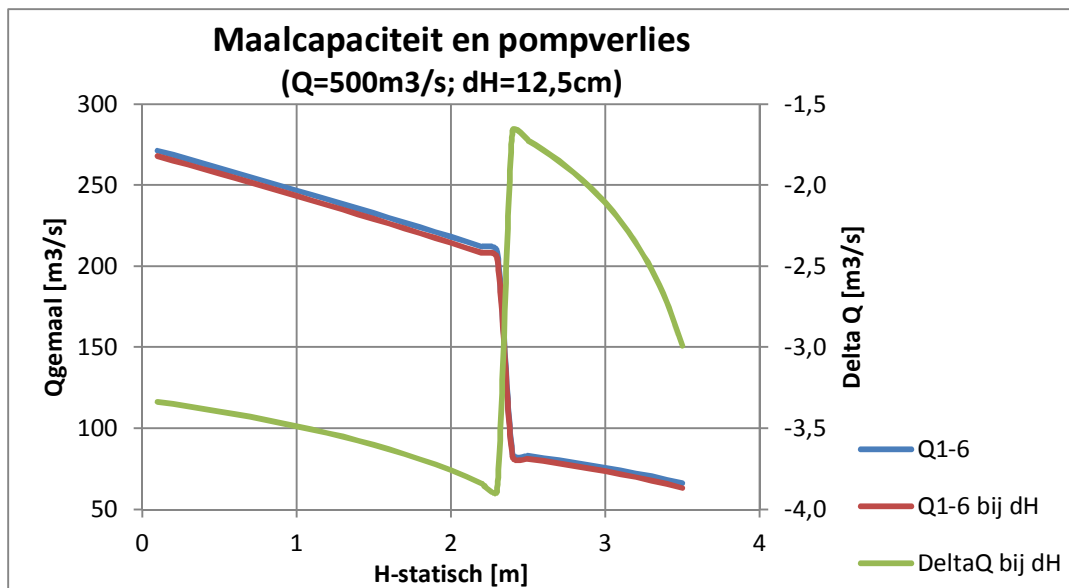
In de huidige situatie wordt het verval waarbij gespuid kan gaan worden bepaald door het dichtheidsverschil tussen het Binnenspuikanaal (BSK) en de Buitenhaven. In de huidige praktijk wordt het spuien gestart als de waterstand in de Buitenhaven meer dan 16 cm lager is dan in het Noordzeekanaal en na het spuivenster gestopt wanneer de waterstand in de Buitenhaven 12 cm lager is. Dit om te voorkomen dat zout water het Noordzeekanaal in stroomt. Door SO wordt daaraan een extra verval toegevoegd door de dichtheidsverschillen over de SO en het spui/gemaal, en door de stromingsweerstand van de SO. Bij de dichtheid die de SO naar verwachting op het BSK kan realiseren (gemiddeld ca. $1,012\text{kg/l}$) betekent dit een extra verval van ca. 4cm door dichtheidsverschillen³ en bij $500\text{m}^3/\text{s}$ en een effectieve doorstroomopening van 480m^2 ca. 6 cm extra door stromingsweerstand: 10 cm in totaal. Het spuivenster neemt hierdoor af⁴.

Deltares heeft op basis van gegevens uit 2014 (een jaar met gemiddelde omstandigheden) een globale analyse gemaakt van de verschillen in pomp- en spuidebieten die de SO in 1 jaar oplevert. Daaruit kan geconcludeerd worden dat bij een doorstroomopening in de SO van 500m^2 ruim 25% (=ca. $10\text{m}^3/\text{s}$) van het jaargemiddelde spuidebiet verloren gaat en moet worden gecompenseerd door meer te pompen. Hierdoor zal ook het onderhoud aan de pompen kunnen toenemen en dat heeft mogelijk invloed op de beschikbaarheid van de pompen. Dit zal nog verder moeten worden uitgezocht. In paragraaf 4.3 wordt hierop nader ingegaan.

Daarnaast neemt onder gelijke omstandigheden de opvoerhoogte van de pompen met SO iets toe doordat de dichtheid in het BSK hoger is dan nu én omdat de waterstand in het BSK lager is geworden. Dit verschil is bij de verwachte dichtheid op het BSK ca. 7cm. Afhankelijk van de afvoer kunnen daar nog enkele cm's bij komen door de waterstandsverlaging op het BSK door stromingsweerstand (zie ook vraag 2). Hierdoor neemt de pompcapaciteit en de maximale opvoerhoogte iets af. Op basis van de pompkarakteristiek (relatie opvoerhoogte en pompdebiet) kan bepaald worden hoeveel het debiet afneemt. De pompkarakteristiek is voor de oude Stork pompen anders dan voor de Nijhuis pompen [2]. In figuur 5 is de totale maalcapaciteit van alle pompen als functie van de opvoerhoogte (H-statisch) weergegeven zonder SO (Q1-6) en met SO (Q1-6 bij dH) bij een afname van de opvoerhoogte van 12,5cm voor een afvoer van $500\text{m}^3/\text{s}$.

³ Bij een dichtheidsvariatie tussen 1,010 tot $1,014\text{kg/l}$ varieert deze waarde van 2,5 tot 5,5cm.

⁴ Door de hogere dichtheid in het BSK kunnen de start- en stop waarden voor spuien (16 resp. 12 cm) iets omlaag waardoor het spuivenster weer iets zal toenemen



Figuur 5 Maalcapaciteit en pompverlies

De scherpe overgang in de figuur ontstaat wordt veroorzaakt door het verschil in maximum opvoerhoogte van de Stork pompen (2,3m) en de Nijhuis pompen (3,5m). Omdat de maximum opvoerhoogte afneemt met 12,5cm zit de scherpe overgang bij ca 2,2m opvoerhoogte. Dit resulteert in een maximale afname op van $3,8\text{m}^3/\text{s}$ bij 2,2m opvoerhoogte (ca 1,5%) en voor grotere opvoerhoogte maximaal $3\text{m}^3/\text{s}$ bij ca. 3,4m opvoerhoogte (ca 4,5%). Door de afname van pompcapaciteit zal er met SO langer gepompt moeten worden om dezelfde hoeveelheid water af te voeren. Omdat de maximum opvoerhoogte lager wordt neemt de maximale buitenwaterstand waarbij nog gepompt kan worden ook af. Er kan dan langer niet gepompt worden. Zie ook figuur 4.

Het verlies aan afvoercapaciteit kan gecompenseerd worden met extra pompcapaciteit of (indien mogelijk) voormalen. Hoeveel pompcapaciteit hiervoor nodig is moet nog worden uitgezocht. Dit zal worden meegenomen in de net gestarte verkenning van WNN naar de toekomst van het gemaal. In paragraaf 4.2 wordt op basis van berekeningen met het DEZY model hier al een indicatie voor gegeven.

3.4 Effect extra verval SO op spuien en malen.

Zie het antwoord op vraag 3.

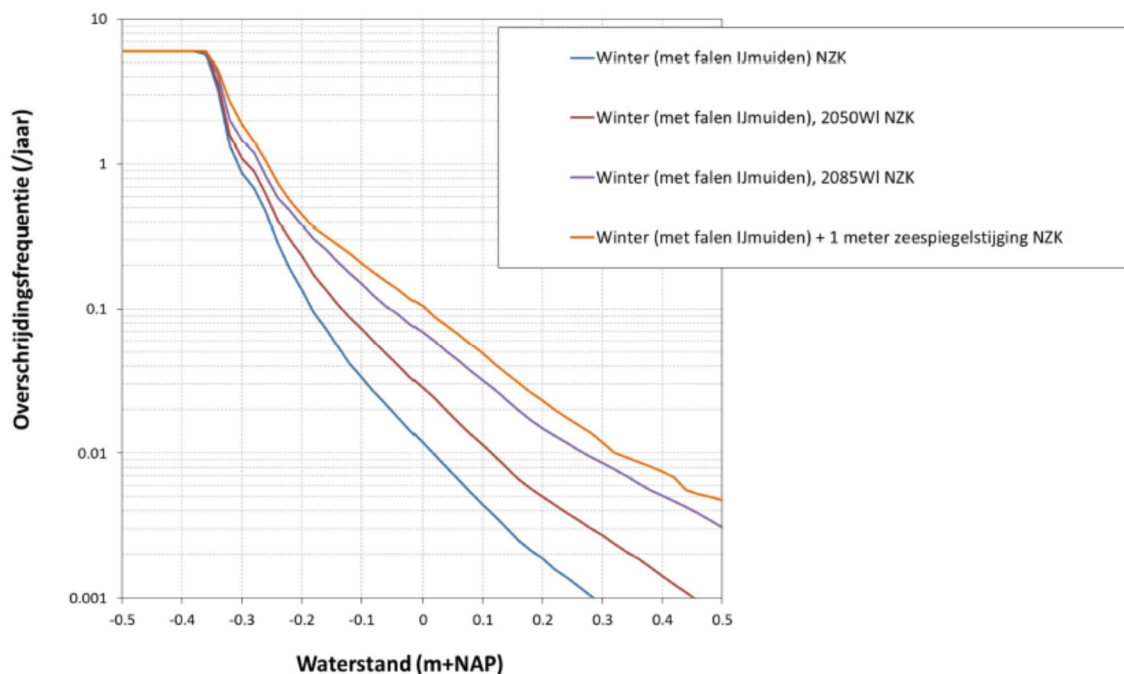
3.5 Toekomstige veranderingen (klimaatverandering/extra pompen)

Ten gevolge van klimaatverandering is volgens de Deltascenario's *minder zoetwater* beschikbaar in droge perioden en zullen in natte periodes de *piekafvoeren toenemen*. Door Deltares is voor een droge periode (mei-november 2003) onderzocht wat het gevolg is van aanvullende maatregelen op de SO (een zoutvang of een grotere opening). Daaruit valt af te leiden dat vooral een zoutvang bij lagere afvoeren kan helpen meer zout af te voeren. Uitbereiding van de SO met een zoutvang is de meest logische optie om ook bij lage afvoeren de zoutafvoer capaciteit te vergroten.

Zeespiegelrijzing zal leiden tot een afname van spuicapaciteit waardoor er meer gepompt zal moeten worden. Met extra pompcapaciteit (bijvoorbeeld $100\text{m}^3/\text{s}$) kan dat worden opgevangen. Met selectieve onttrekking neemt de spuicapaciteit verder af en zal nog

meer en langer gepompt moeten worden. Zolang de maximale opvoerhoogte niet wordt bereikt zal het effect hiervan op de waterstanden gering zijn. Bij extreme omstandigheden (grote afvoeren en/of hoge zeestanden) zal de maximale opvoerhoogte eerder bereikt worden en kan er langer niet gepompt worden (zie ook het antwoord op vraag 3). Door hier rekening mee te houden bij het vergroten van de pompcapaciteit voor zeespiegelstijging kan dit gecompenseerd worden. Hoeveel extra pompcapaciteit en welke opvoerhoogte hiervoor nodig is moet nog worden uitgezocht. Dit wordt meegenomen in de net gestarte verkenning van WNN naar toekomst gemaakt.

In de faalkansstudie met DEZY 2.0 [3] is voor verschillende scenario's van zeespiegelstijging de invloed op de overschrijdingslijn van de gemiddelde waterstand in het NZK onderzocht voor het winterhalfjaar (maatgevend voor de maximum waterstanden). Zie onderstaande figuur. Daarbij is ook rekening gehouden met het falen van de pompen. Een stijging van 1m geeft bij 1/100jaar een toename van de gemiddelde waterstand op het NZK van ca 30cm. Zonder rekening te houden met falen is dat 23cm [4].



Figuur 6 Invloed zeespiegelstijging (incl. falen pompen)

4 Nog openstaande vragen

4.1 Effect van SO op de translatiegolven (incl. relatie met faalkansen analyse).

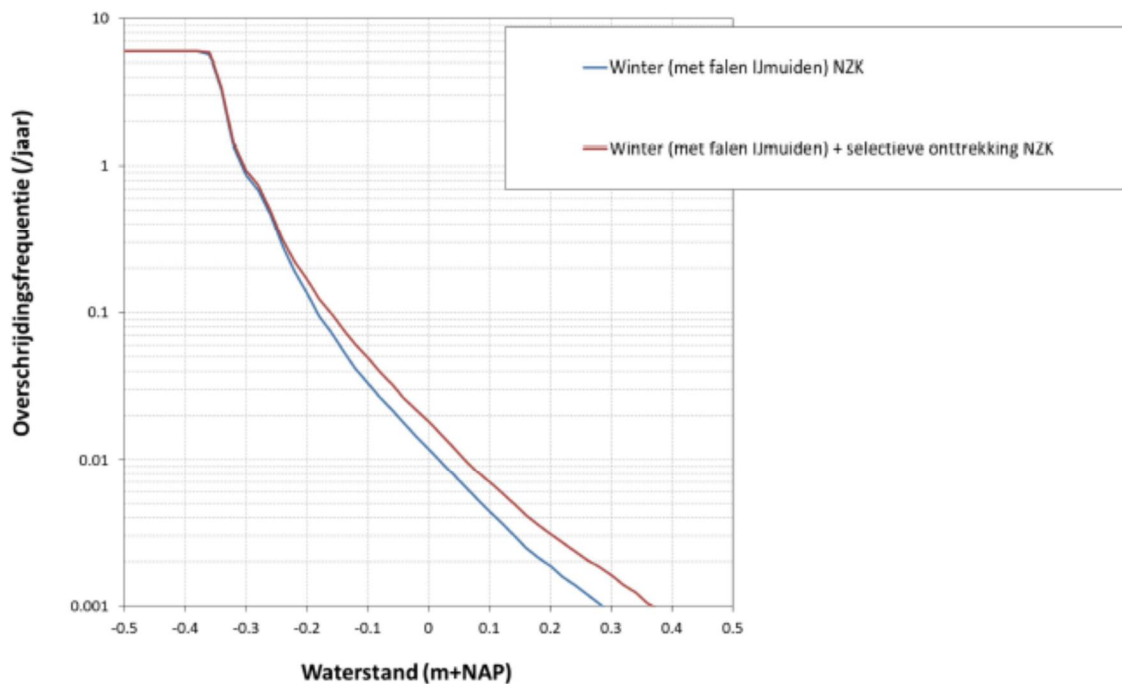
Dit effect wordt nog nader onderzocht door Deltares en via analyse met het model DEZY kan de invloed op de waterstand worden onderzocht.

4.2 De invloed van SO op het watersysteem en de mogelijke maatregelen daartegen.

In de faalkansstudie met DEZY 2.0 is de invloed van SO op de gemiddelde waterstanden in het NZK onderzocht voor het winterhalfjaar (maatgevend voor de maximum waterstanden). In de faalkansstudie wordt rekening gehouden met het falen van de

pompen in het gemaal en de spuifunctie op basis van de faalkansen uit laatste P-IHP analyse voor het gemaal en de spuisluis. In onderstaande figuur is het resultaat van deze analyse weergegeven met een overschrijdingslijn voor de gemiddelde waterstand op het NZK.

Het effect van SO is daarbij geschematiseerd tot een verlaging van de waterstand op het BSK met 0,12m, representatief voor de gemiddelde dichtheid in het BSK met SO (1012kg/m^3) bij een afvoer van ca $500\text{m}^3/\text{s}$. Het geeft daarmee een bovengrens van het effect omdat de afvoer meestal lager zal zijn. Ter vergelijking: bij $200\text{m}^3/\text{s}$ is de totale waterstand verlaging 0,08m.



Figuur 7 Invloed selectieve onttrekking

Voor het maximale peil op het NZK ligt er geen harde eis waaraan deze moet voldoen. In eerdere studies (o.a. ROBAMCI Kunstwerken, 2016) is hiervoor bij 1/100 jaar een waterstand van 0 m NAP gehanteerd. Dat is volgens de waterakkoorden ook de stand waarbij RWS een maalstop kan opleggen. Volgens het DEZY rapport treedt 0 m NAP nu op bij een herhalingsstijd van 85 jaar ofwel bij een frequentie van $1/85=0,12/\text{jaar}$.

Vooralsnog wordt gekeken naar de effecten op de waterstanden bij 0,01/jaar.

Daarbij neemt de waterstand volgens de DEZY analyse met ca. 5 cm toe.

Bij de DEZY studie zijn nog een aantal kanttekeningen te plaatsen:

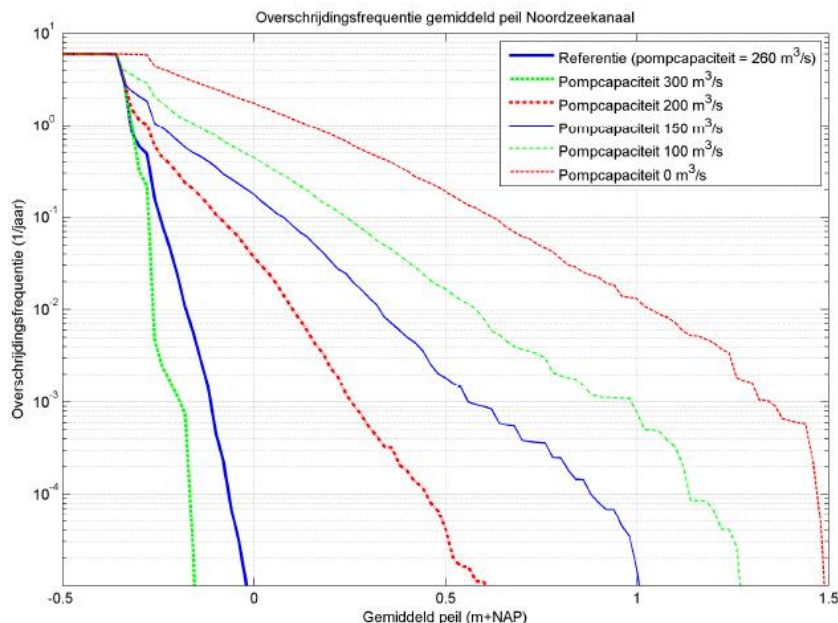
- Het DEZY model is afgeregeld op de gemeten gemiddelde waterstanden op het NZK zonder rekening te houden met faalkansen [4]. Op basis van de waarnemingen wordt de frequentielijn weergegeven tot 0,07/jaar. Voor lagere frequenties kan het model niet met metingen worden vergeleken. In de studie met faalkansen wijkt de overschrijdingslijn van de waterstanden aanzienlijk af. De afwijking begint al bij ca

1/jaar frequenties. Dit effect is in de waarnemingen **niet** zichtbaar. Daarmee lijken de resultaten met faalkans een bovengrens te geven.

- In de DEZY studie wordt het gemaal ingezet met de maximale capaciteit van $260\text{m}^3/\text{s}$ wanneer geen pompen falen. Deze capaciteit neemt af met falende pompen. Voor een falende Stork pomp wordt de capaciteit met $40\text{m}^3/\text{s}$ verlaagd en voor de Nijhuis pompen met $50\text{m}^3/\text{s}$. De afhankelijkheid van het pompdebiet met de opvoerhoogte, zoals hiervoor bij paragraaf 3.3 geschetst, is niet meegenomen. Daarnaast wordt gerekend met een gemaalbeperking. Bij buitenwaterstanden boven $\text{NAP}+2,7\text{m}$ wordt niet meer gepompt. Dit wijkt af van de werkelijke waarden. De Stork pompen vallen uit bij een opvoerhoogte van $2,3\text{m}$. Bij een NZK peil van $-0,4\text{m}$ NAP zullen deze pompen daarom al bij een zeewaterstand van $\text{NAP}+1,9\text{m}$ uitvallen. Voor de Nijhuis pompen is dat vanaf $\text{NAP}+3,1\text{m}$ ($=3,5-0,4\text{m}$). In de DEZY analyse is wel gekeken naar het effect op de waterstand als die pompbeperking bij $\text{NAP}+2,7\text{m}$ wordt opgeheven. Dit effect blijkt nihil te zijn. Of het effect van de lagere beperking voor de Stork pompen ook nihil is kan nog niet worden aangegeven. Omdat die beperking veel eerder ingaat (al vanaf $\text{NAP}+1,75\text{m}$ met de SO, een waterstand die bijna 10 keer per jaar optreedt) is dat niet vanzelfsprekend omdat de gevoeligheid voor minder pompcapaciteit groot is (zie ook de beschouwing hierna).

Invloed pompcapaciteit

In een studie met DEZY [4] is onderzocht wat het effect van extra pompcapaciteit is. Daarbij werd nog **geen** rekening gehouden met falen van de pompen. In figuur 8 is de invloed van meer en minder pompcapaciteit weergegeven.



Figuur 8 Invloed pompcapaciteit (zonder falen)

Hieruit blijkt dat het toevoegen van $40\text{m}^3/\text{s}$ extra pompcapaciteit bij 1/100jaar frequentie zorgt voor een verlaging van de gemiddelde waterstand op het NZK met ca 10cm . Of dat effect ook zo groot is als rekening wordt gehouden met falen van de pompen is nog niet onderzocht. Het lijkt hiermee wel een kansrijke maatregel om het

effect van selectieve onttrekking (5cm bij 1/100jaar) te compenseren. De figuur laat ook duidelijk zien dat het effect van minder pompcapaciteit heel groot is.

4.3 *Invloed van (extra) onderhoud pompen door SO op watersysteem NZK*

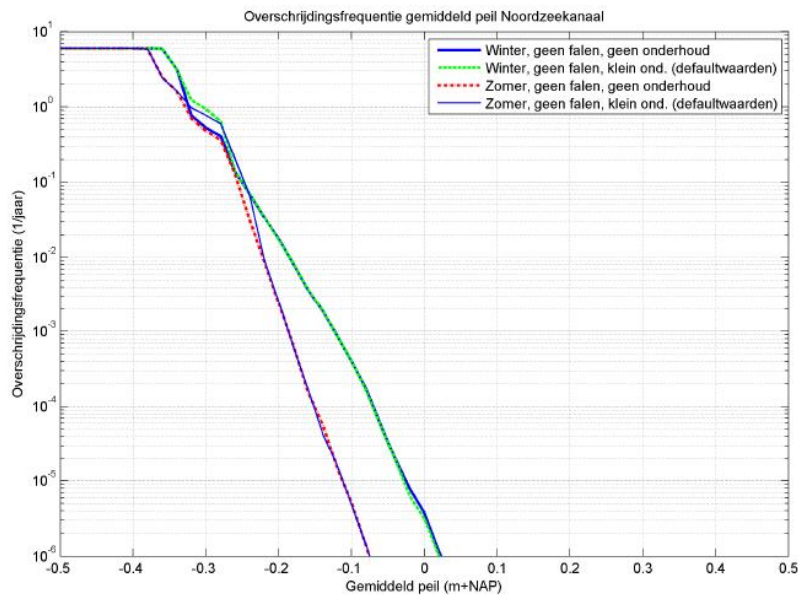
In het memo "Onderhoud gemaal bij IJmuiden in DEZY" [5] is de invloed van het huidige klein- en groot onderhoud op de gemiddelde waterstanden in het NZK onderzocht. Voor het onderhoud geldt dat elke pomp 1 maal per jaar in klein of groot onderhoud komt. Twee jaar in klein onderhoud en 1 jaar in groot onderhoud. Alle pompen worden dus jaarlijks onderhouden. Onderhoud vindt normaal plaats in de zomerperiode. In de DEZY analyse is ook gekeken naar onderhoud in de winterperiode.

In het model wordt voor klein onderhoud aan een pomp rekening gehouden met 3 weken onderhoud waarbij $43\text{m}^3/\text{s}$ pompcapaciteit wegvalt, tenzij het afbreekcriterium wordt bereikt. Het onderhoud wordt dan afgebroken en 24 uur daarna is de pompcapaciteit weer beschikbaar. Het standaard afbreekcriterium is: overschrijding van 30mm neerslag in de 6-uurs voorspelling of overschrijding van 50mm neerslag in de 5 daagse voorspelling.

Voor groot onderhoud wordt 1 pomp volledig uitgeschakeld ($43\text{m}^3/\text{s}$) zonder afbreekcriterium. (NB In de praktijk is dat ca. 12 weken).

Uit de berekeningen voor de **zomerperiode** blijkt dat de invloed van het onderhoud (groot en klein samen) op de overschrijdingslijn van de waterstanden op het NZK tot een frequentie van 0,01/jaar maximaal +0,10m bedraagt. Daarbij maakt het voor het verschil niet uit of falen van de pompen wel of niet wordt meegenomen. Met falen zijn de waterstanden uiteraard wel hoger (ca. 3 cm).

De hierboven beschreven invloed van het onderhoud wordt in grote mate bepaald door het groot onderhoud. Uit berekeningen waarin klein onderhoud apart (zonder groot onderhoud) is bekeken blijkt dat die invloed alleen zichtbaar is bij de hogere frequenties van 1/jaar tot 0,1/jaar. Het verschil is dan maximaal 2 cm. Bij lagere frequenties (vanaf 0,01/jaar) is de invloed verwaarloosbaar. Zie figuur 9 voor de resultaten zonder falen. Met falen zijn de verschillen vergelijkbaar.



Figuur 9 Invloed onderhoud

Om de invloed van de verhoogde pompinzet door SO op het onderhoud te bepalen wordt geprobeerd dat via het P-IHP van het gemaal vast te stellen. Zodra dat bekend is kan met DEZY de invloed daarvan op de waterstanden bepaald worden. Gezien het beperkte effect van onderhoud op de waterstanden wordt verwacht dat de invloed van extra onderhoud ook beperkt zal zijn.

5 Literatuur

- [1] 11200215-000-HYE-0006-m-Samenvatting Delft3D berekeningen voor droge periode 2003 voor het NZK en ARK (concept), Deltares, 21 jan. 2017.
- [2] Vaststellen pompprestaties pompen gemaal IJmuiden, Tauw, maart 2017.
- [3] SWM NZK-ARK Memo Verkenning maatregelen v10.docx, HKV lijn in water, 11 apr. 2017.
- [4] Doorontwikkeling DEZY 2.0, Verbetering hydrologische modellering NZK/ARK, PR3232.10, HKV lijn in water, juni 2016.
- [5] PR3486.10, Onderhoud gemaal bij IJmuiden in DEZY, HKV lijn in water, 15 maart 2017.