

Plaats, datum

Amersfoort, 31 maart 2015

Referentienummer

P14-022-002-D1

Aan

De heer J. Dragt HHRS van Delfland

De heer J. Tigchelaar HHRS van Delfland

Van

Ir. R.C.M. Delhez

06 – 10 66 95 33

Kopie aan

C. Bisschop Greenrivers BV

Onderwerp

Consequenties automatisering keersluis Maassluis mbt waterkerende functie

1 Inleiding

Keersluis Maassluis wordt beheerd en bediend door het hoogheemraadschap van Delfland. De keersluis wordt gesloten op het moment dat het buitenwater te hoog dreigt te worden. Het sluiten van de keersluis voorkomt daarmee in eerste instantie wateroverlast in de oude kern van Maassluis. Het sluiten van de keersluis dient ter plaatse (handmatig) te worden uitgevoerd. Door het relatief lage toelaatbare binnenpeil wordt deze sluiting circa 50-80 keer per jaar uitgevoerd. Momenteel is een renovatie van de keersluis in uitvoering. Hierbij wordt er ook over gedacht om de bediening geheel automatisch te laten plaatsvinden, zodat minder beslag op personeel van het hoogheemraadschap gelegd kan worden.

In voorliggende memo is vanuit het oogpunt van hoogwaterveiligheid gekeken naar de mogelijkheden ten aanzien van automatisering van de bediening. Het gaat hierbij dan om het aspect (faalmechanisme) *betrouwbaarheid sluiting*. Omdat in Nederland momenteel een overgangsfase naar nieuwe normering en nieuwe veiligheidsbenadering gaande is, is zowel de huidige situatie als de toekomstige situatie hierbij in oogschouw genomen. Om inzicht te geven in de consequenties van de verschillende stappen is telkens per stap het veiligheidsbeeld geschetst.

Hoofdstuk 2 gaat in op de gegevens van de keersluis. Vervolgens geeft hoofdstuk 3 inzicht in hydraulische randvoorwaarden, nieuwe normering en nieuwe veiligheidsbenadering. In het daarop volgende hoofdstuk 4 wordt de betrouwbaarheid van sluiting nader bekeken, zowel conform de huidige normering als de toekomstige normering en veiligheidsbenadering. Hoofdstuk 5 sluit het geheel af middels conclusies en mogelijke handelsperspectieven.

2 Informatie Keersluis

In dit hoofdstuk is alle beschikbare informatie omtrent de keersluis en de gehanteerde randvoorwaarden gegeven. Met behulp van deze gegevens is de analyse ingestoken.

2.1 Locatiebeschrijving

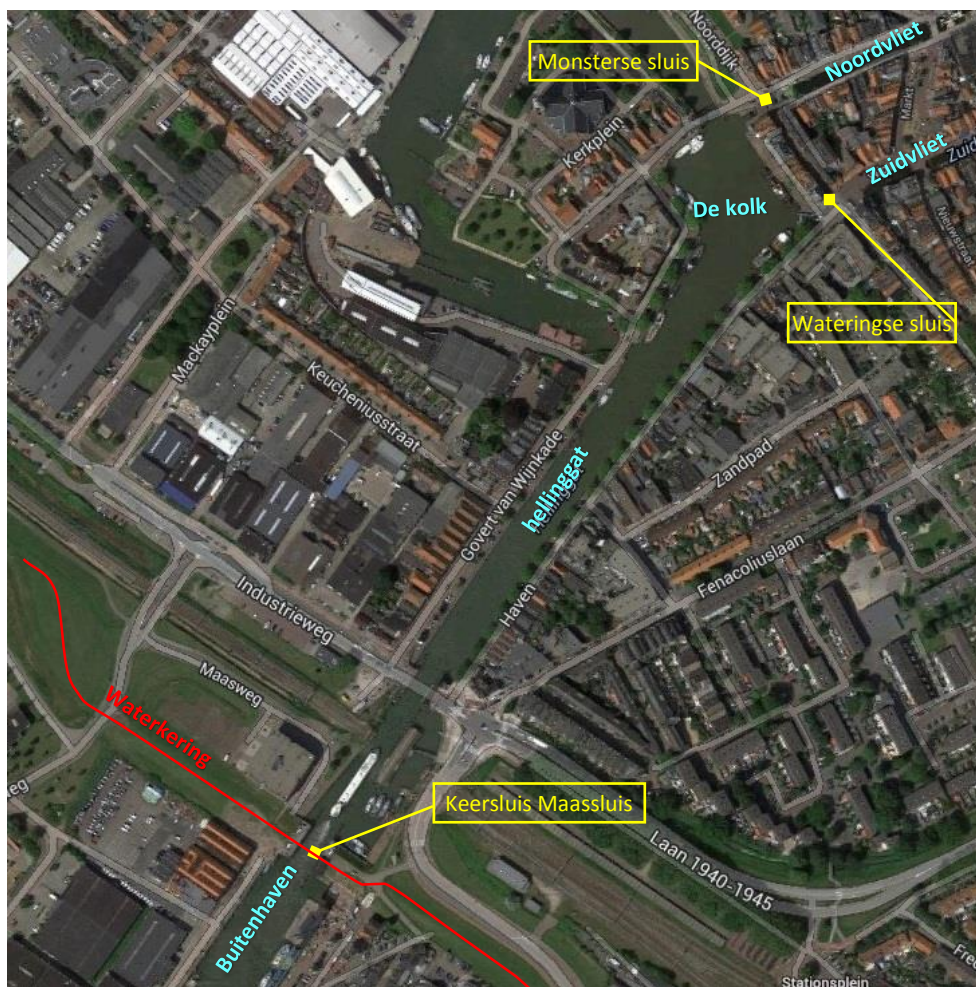
De keersluis Maassluis (bouwjaar 1969) is een waterkerend kunstwerk in dijkkring 14 (Zuid-Holland), dat wordt beheerd en bediend door het hoogheemraadschap van Delfland. Het object bevindt zich in de primaire waterkering in de plaats Maassluis (zie Figuur 1).



Figuur 1 Overzicht locatie keersluis Maassluis (bron:Google Maps)

Aan de buitenzijde van de kering bevindt zich het Scheur, dat via de buitenhaven verbonden is met het binnenwater zijnde het Hellinggat. Het Hellinggat komt uit bij de Kolk, welke weer in verbinding staat met de Noordgeer. In de Kolk bevinden zich een tweetal historische kunstwerken (zie Figuur 2):

- De Monsterse sluis: deze verbindt de Kolk met de achtergelegen Noordvliet. De sluis is momenteel afgedamd en niet meer in functie. Er zijn plannen om de schutsluis in de toekomst weer te laten functioneren ten behoeve van de pleziervaart.
- De Wateringse sluis: deze verbindt de kolk met de achtergelegen Zuidvliet en fungeert als uitwateringssluis.



Figuur 2 Situatie om de Keersluis (Bron: Google Maps)

2.2 Constructie en bediening

De keersluis bestaat uit een betonnen constructie en beschikt over twee stellen stalen puntdeuren, die middels hydraulische cilinders worden aangedreven. Bediening van de onbemande keersluis dient ter plaatse te worden uitgevoerd. Dit kan middels een druk op de knop, maar in geval dit niet lukt is ook handbediening met behulp van een slinger of elektrische tol van de puntdeuren mogelijk. Deze handbediening kost echter wel de nodige tijd (1 uur/deur bij toepassing van de slinger)¹ en wordt gelet op de korte beschikbare sluittijd niet als een reële optie beschouwd. Ter plaatse van de keersluis is ook een noodaggregaat aanwezig om in geval van uitvallende stroom toch nog de deuren middels een druk op de knop te kunnen sluiten.

Standaard staat de keersluis open, maar bij een verwachte waterstand van NAP +1,30 m of hoger worden de eerste stappen van de waarschuwingsfase uit de sluitingsprocedure gestart. Vervolgens wordt de keersluis bemand en wordt vanaf NAP +1,45 m daadwerkelijk met de sluiting van het object begonnen. Bij een waterstand van NAP +1,50 m moet de sluis gesloten zijn. Bij waterstanden hoger dan NAP +1,50 m (Open KeerPeil = OKP) treedt er namelijk de eerste overlast op in het achtergelegen gebied. Nadat de keersluis door een sluismeester ter plaatse gesloten is, blijft de sluismeester daar totdat de keersluis (wederom lokaal bediend) weer geopend kan worden. Dat moet plaatsvinden bij nagenoeg gelijk peil aan binnen- en buitenzijde.

¹ Testen hebben aangetoond dat het inzetten van een elektrische tol wel de nodige tijdswinst oplevert, maar voor het sluiten van minimaal één deurstel nog te veel tijd kost.



Sluiting van de keersluis vindt plaats middels een schriftelijk vastgelegde procedure². De dreiging van een te hoge buitenwaterstand kan zowel veroorzaakt worden door hoogwater op zee als door een hoge rivierafvoer. Een combinatie is ook mogelijk. Continue monitoring van de waterstanden is dan ook van belang. De schriftelijke procedure bevat zowel een melding aan de hand van een verwachte waterstand als van een lokaal gemeten waterstand. Standaard zijn er twee sluiswachters voorhanden, waarbij bij niet reageren van de eerste sluiswachter, de tweede sluiswachter wordt gealarmeerd. In gevallen waarbij beide niet reageren is er uiteindelijk ook nog een derde sluiswachter oproepbaar. Alle sluiswachters wonen op korte afstand van de keersluis.

Aangezien het water lokaal snel kan stijgen is een adequate reactie vereist. De drie sluiswachters wonen alle drie in een straal van 5 kilometer van de sluis (conform de sluitingsprocedure). Aanrijdtijden zijn dan ook zeer beperkt.

Nadat de puntdeuren gesloten zijn, worden ook de kleppen gesloten. Dit zijn kleppen die de laatste kier tussen deuren en drempel afsluiten. Als eerste worden de kleppen van de binnenste deur gesloten (NAP +1,50 m) en bij NAP +1,80 m worden de kleppen van de buitenste deur gesloten.

Vanuit onderhoud wordt de sluisbodem maandelijks door duikers gecontroleerd op belemmeringen/vuil. Met betrekking tot de sluiting wordt dit als een van de grootste risico's gezien door de beheerder. De ervaringen vanuit de inspecties is dat er regelmatig rommel wordt aangetroffen zoals autobanden en stenen. De uitkomsten van de inspectie geven ook aan of de deuren schoongemaakt moeten worden (bv aanwezigheid van teveel slib).

De sluiting van de keersluis wordt gemiddeld 50 tot 80 keer per jaar uitgevoerd. Dit wordt veroorzaakt door het relatief lage OKP dat hier geldt. Een risico bij sluiting is de aanwezigheid van schepen. Dagelijks passeren circa 20 schepen de keersluis en het gaat hierbij bijna altijd om beroepsvaart. Het is een aantal keren voorgekomen dat een afgemeerd schip in de sluis voor problemen zorgde.

De sluiting van één van de deurstellen is een aantal keren gefaald. De volgende oorzaken lagen hieraan ten grondslag:

- Aanwezigheid stuk wrijfhout bij de drempel
- Het doorbranden van relais
- Een kapotte trek/duwstang

Het gelijktijdig falen van beide deurstellen is nog niet voorgekomen. Gelet op de leeftijd (45 jaar) en de sluitfrequentie (tussen 50 en 80 keer per jaar) is de sluiting inmiddels circa 3.000 keer uitgevoerd.

² Sluitingsprocedure Keersluis Maassluis, d.d. juni 2005, Hoogheemraadschap van Delfland.



3 Normering en hydraulische randvoorwaarden

Doel van dit hoofdstuk is het afleiden van de benodigde hydraulische randvoorwaarden (uitgangspunten) waarmee de analyse kan worden uitgevoerd. Hierbij is het belangrijk om ook stil te staan bij de huidige ontwikkelingen die op het gebied van waterveiligheid plaatsvinden. Het gaat hierbij om een nieuwe normering die gebaseerd is op een andere veiligheidsfilosofie en ontwikkelingen ten aanzien van ontwerp- en toetsinstrumenten.

3.1 Vigerende normering

De huidige normering is geënt op de overschrijdingskansbenadering. Dat betekent dat waterkeringen ontworpen en getoetst worden aan een maximaal optredende waterstand die met een bepaalde frequentie (norm) wordt overschreden. De overschrijdingskansbenadering gaat hierbij uit van kleine toelaatbare debieten die over een kering mogen slaan in het geval de normwaterstand optreedt. De gevolgen die hierbij optreden zijn daarmee beperkt tot wateroverlast.

De keersluis bevindt zich in dijkkring 14 'Zuid-Holland'. De normfrequentie van deze dijkkring bedraagt conform de vigerende overschrijdingskansbenadering 1/10.000 per jaar. Dit betekent voor de maatgevende waterstand (bij toetsen het toetspeil) dat gekeken moet worden naar een waterstand met een overschrijdingskans van 1/10.000 per jaar. Conform de hydraulische randvoorwaarden 2006 (HR2006) geldt bij de locatie van de keersluis een toetspeil van NAP +3,40 m. Met HydraB wordt een toetspeil van NAP +3,42 m berekend voor de locatie van de keersluis.

3.2 Toekomstige normering en waterstanden

In de nabije toekomst geldt dat wordt overgestapt naar een overstromingskansbenadering. Dat betekent dat waterkeringen worden ontworpen en getoetst aan de hand van maximaal toelaatbare overstromingskansen, die zijn afgeleid rekening houdend met overstromingsgevolgen (veel schade en/of slachtoffers) in het achterland. In deze nieuwe normering wordt niet meer gewerkt met dijkringen, maar met dijktrajecten. Keersluis Maassluis bevindt zich in dijktraject 14-2 met een overstromingskansnorm van 1/10.000 per jaar. Dit normgetal betreft een zogeheten middenkans, wat kan worden gezien als een signaalwaarde³. Kijkend naar afkeurgrenzen zijnde maximaal toelaatbare kansen en daarmee per definitie hoger dan middenkansen, betekent dit een afkeurgrens van 1/3.000 per jaar⁴.

Voor het bepalen van de waterstand in de toekomst zijn een aantal aspecten van belang. De bepaling van de hydraulische waterstanden gaat in de toekomst wijzigen. Momenteel worden binnen het WT12017 (Wettelijk toetsinstrumentarium 2017) de nieuwe randvoorwaarden afgeleid en worden vervolgens in het toetsinstrumentarium (HydraRing) beschikbaar gemaakt. Een van de veranderingen die plaats gaat vinden is dat statistische onzekerheden in de toekomst direct in de waterstandsstatistiek worden meegenomen. In onderstaande Tabel 1 zijn de uitgangspunten weergegeven voor afleiding van toekomstige waterstanden nabij de keersluis. Deze uitgangspunten zijn in overeenstemming met de uitgangspunten zoals door het hoogheemraadschap toegepast bij afleiding van de hydraulische belastingen voor 'hoogte Delflandse dijk-Haakweg'.

³ De signaalwaarde is bedoeld om bij toetsing beheerders (ruim) van te voren te opmerkzaam te maken op een toekomstige vervangings-/aanpassingsopgave.

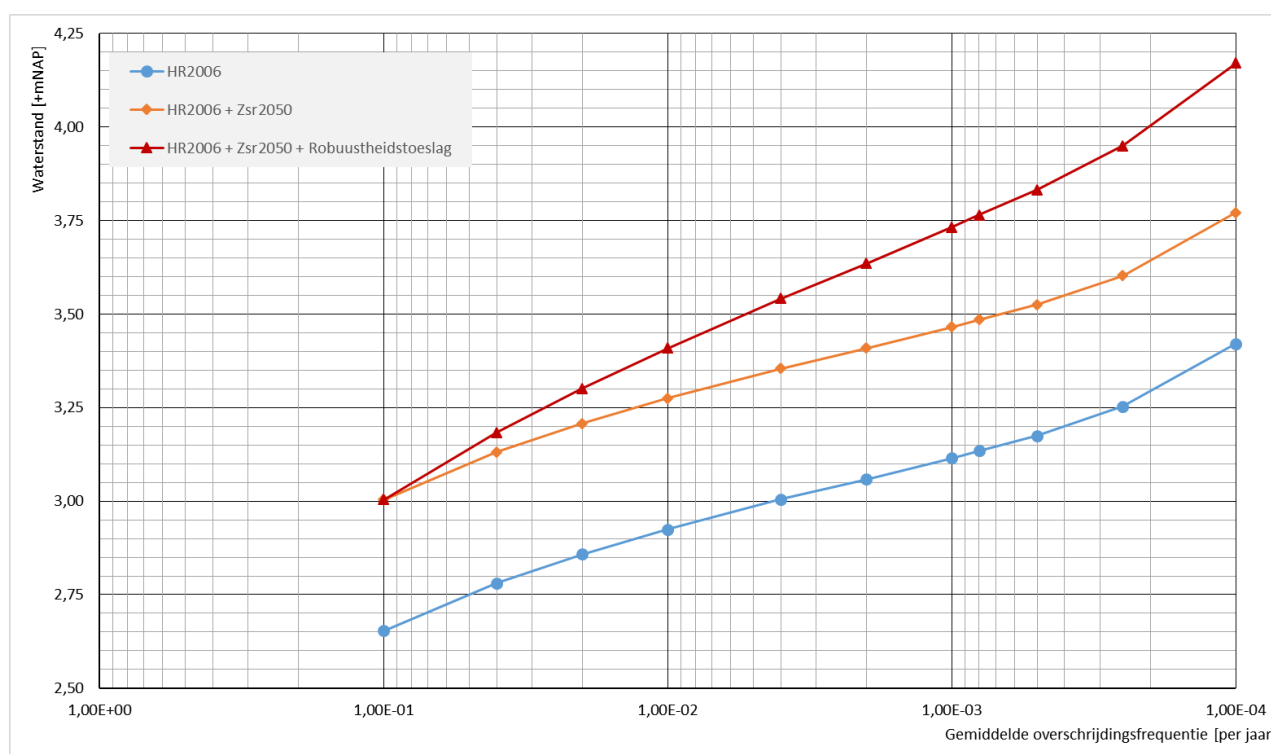
⁴ Conform de huidige geluiden vanuit wetgeving, dient voor de afkeurgrens een factor 3 lagere kans te worden aangehouden dan de middenkans.



Tabel 1 Factoren hydraulische belastingen

Peilen en toeslagen	
Toetspeil HR 2006:	NAP +3,42 m
Zeespiegelrijzing: (delta W ⁺ -scenario)	2015: 0,00 m
	2050: 0,35 m
	2100: 0,85 m
Robuustheidstoeslag:	0,40 m

Kenmerkend voor de zeespiegelrijzing (hier is het maximaal scenario aangehouden) is dat deze van toepassing is op alle waterstanden en terugkeertijden. Dat betekent dus dat de zeespiegelrijzing ook op dagelijkse waterstanden direct van toepassing is. Dat is in verband met het relatief lage OKP bij de keersluis Maassluis dan ook van direct belang. Kenmerkend voor de robuustheidstoeslag is dat deze van toepassing is op het toetspeil, dus de waterstand bij de norm en niet bij dagelijkse waterstanden. Met bovenstaande gegevens kunnen in de analyse voor verschillende zichtjaren ontwerpwaterstanden worden afgeleid. Hieronder is in figuur de overschrijdingsfrequentielijn van de buitenwaterstand afgeleid voor het zichtjaar 2050.



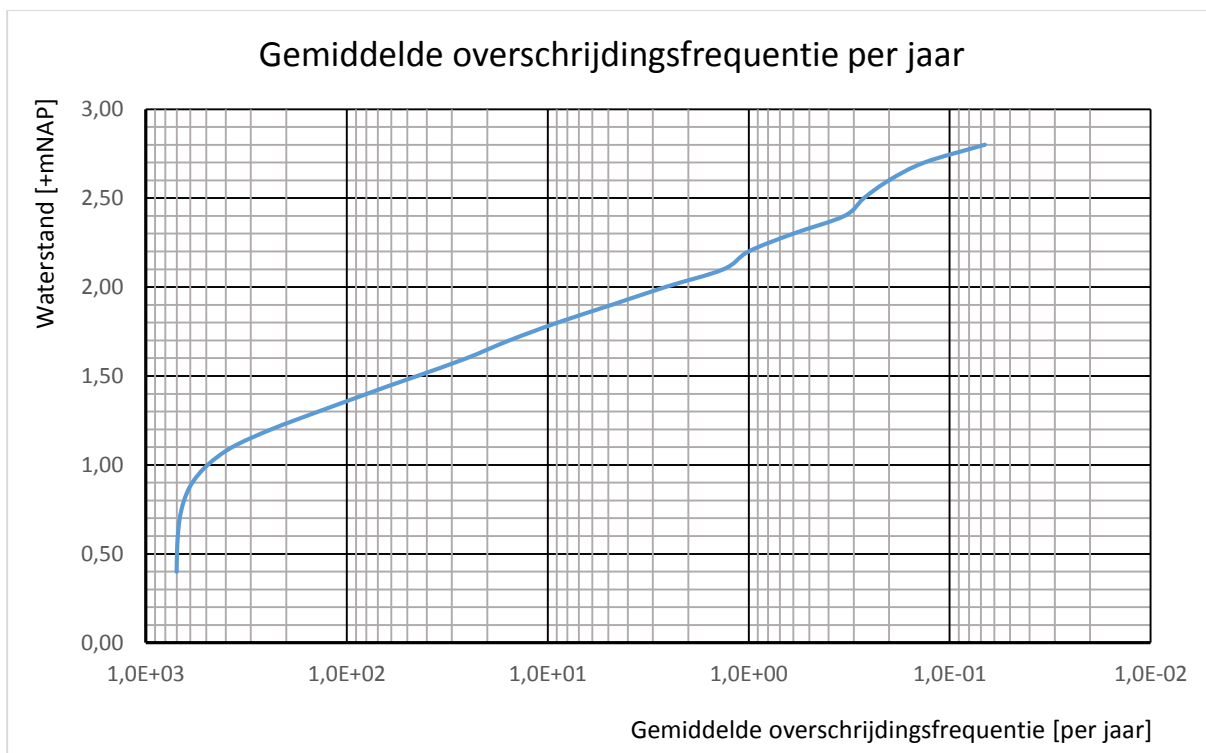
Figuur 3 Afleiding Overschrijdingsfrequentielijn voor zichtjaar 2050

In bovenstaande figuur is uitgegaan van de overschrijdingsfrequentielijn uit HR2006. De zeespiegelrijzing (Zsr in de figuur) is op 0,35 m aangehouden overeenkomend met het jaar 2050. Vervolgens is de robuustheidstoeslag op de waterstand gezet, waarbij deze lineair oplopend is verondersteld tussen een frequentie van 1/10 per jaar (toeslag gelijk aan 0,0 m) en 1/10.000 per jaar (maximale waarde van 0,4 m).

3.3 Frequente waterstanden

Omdat de hoogfrequente waterstanden van belang zijn voor het faalmechanisme *betrouwbaarheid sluiting* bij deze keersluis is de onderstaande grafiek afgeleid uit de waterstandsregistraties van de afgelopen 15 jaar bij het meetpunt van Maassluis (Bron: applicatie Waterbase).





Figuur 4 Overschrijdingsfrequenties van de buitenwaterstand

Uit bovenstaande grafiek kunnen de in Tabel 2 gepresenteerde overschrijdingsfrequenties worden afgeleid. Dit betreffen getallen zijn gebaseerd op huidige gegevens; zeespiegelrijzing is hierbij nog niet meegenomen.

Tabel 2 Enkele specifieke waarde waterstandstatistiek meetpunt Maassluis

Waarneming	Waarde
Gemiddelde waterstand bij vloed	NAP +1,12 m
Gemiddeld aantal overschrijdingen waarschuwingspeil (NAP +1,30 m)	139 keer per jaar
Gemiddeld aantal overschrijdingen sluitpeil (NAP +1,45 m)	60 keer per jaar
Gemiddeld aantal overschrijdingen OKP (=NAP +1,50 m)	45 keer per jaar
Gemiddeld aantal overschrijdingen van peil (NAP +1,40 m)	80 keer per jaar

Uit de waterstandsmetingen blijkt dat globaal 80% van de waterstanden boven het OKP optreden in het stormseizoen (15 oktober tot 15 april).

3.4 Golven

Er is geen rekening gehouden met lokale golfwerking. Deze zullen relatief een beperkte golfhoogte hebben, terwijl golven in het geval van een niet gesloten kunstwerk niet substantieel bijdragen aan het instromende debiet. Immers bij een niet gesloten kunstwerk stroomt het water onder verval vrij naar binnen en is geen sprake van bv overslag. Voor andere faalmechanismen kan lokale golfwerking wel van belang zijn, maar die worden hier niet beschouwd.

3.5 Ontwerp- en toetsinstrumentarium

Naast ontwikkelingen ten aanzien van hydraulische randvoorwaarden en normering, vinden hierbij ook aanpassingen plaats aan ontwerp- en toetsinstrumentarium. Het ontwerpinstrumentarium dat momenteel vigerend is, betreft het OI2014. Vermeld dient te worden dat dit ontwerpinstrumentarium feitelijk specifiek is opgezet voor HWBP-projecten, maar dat het ook voor andere projecten al veelvuldig wordt toegepast.



Het WT12017 (Wettelijk toetsinstrumentarium) wordt in 2017 vigerend. In dit instrumentarium is de nieuwe overstromingskansbenadering verwerkt.

Het OI2014 geeft een duiding voor de verdeling van de faalkansruimte per dijktraject over de verschillende faalmechanismen. In de vigerende overschrijdingskansbenadering is voor het mechanisme *betrouwbaarheid sluiting* 10% van de faalkansruimte van de overschrijdingskansnorm beschikbaar. In het OI2014 geldt dat in de standaard faalkansruimteverdeling is, waarin 4% gereserveerd is voor *betrouwbaarheid sluiting*. Daarbij dient ook nog rekening gehouden te worden met een lengte-effect, welke hier is uitgedrukt in het aantal kunstwerken met vergelijkbare faalkansen in het beschouwde dijktraject.

In onderstaande tabel zijn vigerende en nieuwe eisen voor het faalmechanisme *betrouwbaarheid sluiting* bij de keersluis Maassluis afgeleid

Tabel 3 Vergelijking faalkanseis *betrouwbaarheid sluiting* vigerende en nieuwe normering

	Ontwerp- kansnorm [per jaar]	Faalkans Ruimte [%]	Lengte-effect (n-waarde)	$P_{bs,eis}$ [per jaar]
Overschrijdingskansbenadering	1/10.000	10%	-	$1/100.000 = 1,00 \cdot 10^{-5}$
Overstromingskansbenadering	1/3.000	4%	2	$1/150.000 = 6,67 \cdot 10^{-6}$

Uit bovenstaande tabel kan worden afgeleid dat de nieuwe normering en de overstromingskansbenadering leidt tot een faalkanseis die een factor 1,5 strenger is dan de vigerende normering en benadering.

Naast aanpassing van de eisen veranderd de benadering ook de wijze waarop naar falen wordt gekeken. Is in de vigerende benadering nog wateroverlast het maatgevend criterium, in de nieuwe benadering wordt overstromingsgevolgen als criterium beschouwd. Dit heeft invloed op de maximaal toelaatbare waterstand achter de keersluis.

In de vigerende benadering geldt dat bij NAP +1,50 m er sprake is van de eerste wateroverlast, door water op de kade en wellicht in enkele kelders van Maassluis. Deze waterstand wordt conform de terminologie van de Leidraad Kunstwerken wel aangeduid als Open KeerPeil (OKP).

Achter de keersluis is echter nog de oude waterkering in de vorm van de Maasdijk, Noorddijk en Zuiddijk aanwezig. Deze waterkering schermt het achterliggende gebied van dijkkring 14 af van het gebied direct achter de keersluis. Deze oude waterkering, welke in de toekomst niet meer gaat worden onderhouden door het hoogheemraadschap, heeft een kerende hoogte van minimaal circa NAP +4,0 m. Uitgangspunt is dat de sterkte van deze waterkering dusdanig is dat een waterstand van NAP +3,0 m veilig kan worden gekeerd. Dit betekent dat kijkend naar substantiële overstromingsgevolgen een waterstand van NAP +3,0 m nog toelaatbaar wordt geacht. Het onderlopen van delen van Maassluis leidt in de gedachte van de overstromingskansbenadering tot te beperkte gevolgen om in de geest van de nieuwe normering als overstroming te worden gezien.



4 Beoordeling betrouwbaarheid sluiting

In dit hoofdstuk is het faalmechanisme *betrouwbaarheid sluiting* in relatie tot het automatiseren van de bediening beschouwd. Daarvoor is eerst de huidige situatie geanalyseerd, om van hieruit te kijken naar de nieuwe situatie en ook een doorkijk te maken naar de toekomst met nieuwe normen en een nieuwe veiligheidsbenadering.

Bij het faalmechanisme *betrouwbaarheid sluiting* spelen een aantal aspecten een rol die tot falen van de sluiting kunnen leiden. Uiteindelijk zijn deze in vier categorieën te verdelen (zie Leidraad Kunstwerken):

- Hoogwateralarmering;
- Mobilisatie;
- Bediening;
- Technisch falen.

Bij de beoordeling van *betrouwbaarheid sluiting* kan conform de Leidraad Kunstwerken op een drietal niveaus een toets worden uitgevoerd te weten: eenvoudig, gedetailleerd en geavanceerd. De eenvoudige methode is bij de Keersluis Maassluis niet van toepassing aangezien hiervoor het OKP minder dan eens in de 10 jaar moet worden overschreden. Bij de Keersluis wordt het OKP veel frequenter overschreden. Voor de keersluis blijven dus alleen de gedetailleerde methode en de geavanceerde methode over. De gedetailleerde methode is met name van toepassing bij kunstwerken die hooguit enkele keren per jaar vanuit het aspect van hoogwaterkeren gesloten moeten worden. In het geval van de Keersluis wordt veel frequenter gesloten. Dit betekent dat een aantal aspecten tientallen keren per jaar in het echt geoefend/uitgevoerd worden. De scoretabellen die horen bij de gedetailleerde methode doen hier niet helemaal recht aan. Daarom is aan de hand van tabellen B3.7 t/m B3.12 uit de Leidraad Kunstwerken een geavanceerde analyse gemaakt.

4.1 Huidige situatie

In de huidige situatie vindt bediening ter plaatse van de keersluis plaats. Dit gaat middels een druk op de knop. Indien de stroom is uitgevallen is er een noodaggregaat aanwezig, dat de nodige stroom kan leveren. Ten slotte is het ook nog mogelijk om de puntdeuren met de hand te bedienen. Dit kost wel wat meer tijd, zeker gelet op het feit dat er standaard één sluiswachter de keermiddelen bediend. Daarom wordt sluiting met de hand niet meegenomen in de beschouwingen. De keersluis wordt momenteel 50 tot 80 keer per jaar gesloten. Dit is voor een handbediende keersluis zeer frequent.

In de huidige situatie wordt nog gewerkt met overschrijdingskansbenadering. Hierin wordt voor betrouwbaarheid sluiting gebruik gemaakt van een waterstand lager dan het OKP, omdat wateroverlast het criterium is. Het hanteren van het aantal van 80 sluitingen per jaar in de sommen is voor de overschrijdingskansbenadering dan ook te onderbouwen. Kijkend naar Figuur 4 en de Tabel 2 blijkt 80 sluitingen per jaar aan te geven dat gemiddeld bij een waterstand van NAP +1,40 m met de sluiting wordt begonnen.

In de wettelijke derde toetsronde heeft de keersluis voor *betrouwbaarheid sluiting* een 'voldoende' gescoord. Hierbij is verwezen naar de analyse uit de tweede toetsronde. In deze analyse is tot een kans op falen van de sluiting van de keermiddelen gekomen van $9,0 \cdot 10^{-8}$ per vraag, waarbij later nog is genoteerd dat deze analyse eigenlijk niet klopt⁵. Samen met een overschrijdingsfrequentie van 80 keer per jaar van het sluitpeil is in de toetsing een faalkans voor *betrouwbaarheid sluiting* gevonden van $7,2 \cdot 10^{-6}$ per jaar. De eis aan het faalmechanisme conform de vigerende normering bedraagt

⁵ Het hoogheemraadschap heeft in het archief bij de rapportage een notitie gevonden, waarop wordt vermeld dat de gemaakte analyse van de faalkans van sluiting niet goed is uitgevoerd. Het hoe en waarom is echter niet vermeld.



$1,0 \cdot 10^{-5}$ per jaar (Tabel 3 in §3.5). De keersluis is dan ook als 'goed' beoordeeld in de tweede en derde toetsronde.

Kijkend naar de faalkans van $1,0 \cdot 10^{-5}$ per jaar is een kans op niet sluiten van de keermiddelen benodigd van $1,0 \cdot 10^{-5} / 80 = 1,25 \cdot 10^{-7}$ per vraag. Een dergelijk lage faalkans is theoretisch gezien lastig realiseerbaar. Geschat wordt dat een faalkans van $1,0 \cdot 10^{-5}$ per vraag maximaal haalbaar is. Dit betekent dat de verwachting is dat de keersluis in de huidige situatie en met de huidige normering theoretisch gezien niet voldoet aan de eisen. De huidige faalkans is dan orde grootte $80 \times 1,0 \cdot 10^{-5} = 8,0 \cdot 10^{-4}$ per jaar.

4.2 Invloed automatisering

Kijkend naar de invloed van automatisering is het de verwachting dat de faalkans voor *betrouwbaarheid sluiting* niet of nauwelijks zal veranderen. Belangrijke aandachtspunten hierbij zijn:

- Er is een controle van de daadwerkelijke sluiting. Dit kan in de vorm van camera's, metingen en/of visuele waarnemingen ter plaatse. Opgemerkt wordt dat als de sluiting geheel automatisch uitgevoerd wordt er een controle moet zijn op de aanwezigheid van schepen ten tijde van de sluiting.
- Er is een noodaggregaat beschikbaar dat automatisch de taak gaat vervullen op het moment dat de stroom uitgevallen is.
- Er is een mogelijkheid om van afstand op een knop te drukken in het geval de automatische sluiting niet lukt.
- De keersluis blijft maandelijks geïnspecteerd worden ten aanzien van obstakels en slib en vuil op de drempel.

Feitelijk geeft bovenstaand rijtje aan dat alle oude mogelijkheden met betrekking tot de bediening ook gehandhaafd moeten blijven, wanneer gehele automatisering wordt toegepast. Dit komt mede doordat de mobilisatie en alarmering niet direct als maatgevend worden beoordeeld.

Hoogwateralarmering is in de tegenwoordige tijd met alle voorspellingen en moderne communicatiemiddelen al snel niet meer maatgevend. Voor de mobilisatie geldt hier dat er drie sluiswachters zijn die op korte afstand van het object wonen. Kans op ongelukken of andere oorzaken waardoor alle drie de sluiswachters het object niet kunnen bereiken zijn daarmee zeer klein. Daarbij kan worden aangenomen dat alle drie de sluiswachters zeer wel bekend zijn in het gebied en bij obstakels richting kunstwerk snel alternatieve routes kunnen bedenken. De procedure van mobilisatie wordt ook tientallen keren per jaar uitgevoerd, zodat deze procedure ook door en door bekend is.

Automatisering heeft voor bediening en technisch falen geen grote bijdrage aan een eventuele faalkansreductie, omdat deze niet zozeer van de besturing afhankelijk zijn, maar met name ook van de beweegbare onderdelen en aandrijvingen. Het is zelfs zo dat in het eerste jaar de faalkans zal toenemen, doordat kinderziekten nog uit de automatisering gehaald moeten worden. Doordat per jaar tientallen keren wordt gesloten, zullen deze snel zijn gevonden, waardoor het systeem snel aan betrouwbaarheid wint.

Bovenstaande betekent ook dat een automatisering er niet direct toe leidt dat er met minder mensen de wachtdienst kan worden gedraaid. Nog steeds moet er iemand paraat zijn in geval dat sluiting benodigd is, zodat controle van de sluiting altijd kan plaatsvinden. Daarbij geldt als aanvullend aandachtspunt dat sluiting op afstand betekent dat er bij gelijkblijvend sluitregime minder tijd overblijft voor een mogelijke herstelactie ter plaatse. Dit omdat in eerste instantie geen personen naar de sluis toegaan, maar bij het mislukken van de sluiting dit alsnog moet plaatsvinden. Gelet op de krappe beschikbare tijd tussen sluitpeil en het huidige maximaal toelaatbare peil van



NAP +1,50 m, levert dit een extra risico op. Het kan vanuit die optiek gewenst zijn om eerder over te gaan tot sluiten, indien automatisering wordt ingevoerd.

4.3 Huidige situatie met nieuwe normering en overstromingskansbenadering

Indien de huidige bediening van de keersluis wordt gehanteerd, waarbij vervolgens de nieuwe normering en overstromingskansbenadering wordt toegepast, kan dit leiden tot andere inzichten.

Het hanteren van de nieuwe normering leidt tot een faalkanseis voor het faalmechanisme *betrouwbaarheid sluiting* die 1,5 keer zo streng is als die conform de vigerende normering. Zie voor de afleiding hiervan §3.5. Dat betekent dat de faalkans voor dit faalmechanisme maximaal $6,67 \cdot 10^{-6}$ per jaar mag bedragen.

Indien nu in plaats van de gegeven 80 sluitingen (gebaseerd op sluitpeil van NAP +1,40 m) gekeken wordt naar het aantal benodigde sluitingen van overschrijding van het Open KeerPeil (OKP) van NAP +1,50 m, dan zijn gemiddeld 45 sluitingen per jaar benodigd (zie Tabel 2 in §3.3). Feitelijk betekent dit, dat van de gemiddeld 80 sluitingen per jaar die momenteel worden uitgevoerd in 35 gevallen de waterstand van NAP +1,50 m niet wordt gehaald. De optredende faalkans wordt als gevolg hiervan een factor $80/45 = 1,78$ kleiner.

Wanneer naar echte overstromingsgevolgen gekeken wordt, waarop de overstromingskansbenadering gebaseerd is, kan worden uitgegaan van een maximaal toelaatbare binnenwaterstand van NAP +3,00 m (zie §3.5). Deze waterstand heeft momenteel een overschrijdingsfrequentie van circa 1/250 per jaar. In vergelijking met het huidige aantal sluitingen van 80 stuks is dit een factor 20.000 kleiner, waarmee de overstromingskans als gevolg van *betrouwbaarheid sluiting* een factor 20.000 kleiner is dan de huidige overschrijdingskans.

In onderstaande Tabel 4 is een overzicht gegeven van de diverse stappen bij toepassing van de nieuwe normering en de overstromingskansbenadering. Zichtbaar is dat alleen bij toepassing van de overstromingskansbenadering (hoog toelaatbaar binnenpeil) er voldaan wordt aan de eisen. Er is in onderstaande tabel nog geen rekening gehouden met wijzigende hydraulische randvoorwaarden.

Tabel 4 Faalkanseis en actuele faalkans bij nieuwe normering en overstromingskansbenadering

	Berekening	Kans per jaar
Faalkanseis vigerende normering	-	$1,00 \cdot 10^{-5}$
Faalkanseis nieuwe normering	$1,5 \times 1,00 \cdot 10^{-5}$	$6,67 \cdot 10^{-6}$
Actuele faalkans	-	$8,00 \cdot 10^{-4}$
Actuele faalkans+OKP is NAP+1,50 m	$8,00 \cdot 10^{-4} / 1,78$	$4,50 \cdot 10^{-4}$
Overstromingskans (NAP+3,00 m)	$8,00 \cdot 10^{-4} / 20.000$	$4,00 \cdot 10^{-8}$

Zoals eerder aangegeven voldoet theoretisch gezien de huidige faalkans vermoedelijk niet aan de vigerende en aan de toekomstige faalkanseis. Het eerste in tegenstelling tot de uitkomsten van de wettelijke toetsingen.

4.4 Toekomstige situatie

In §3.2 is gekeken naar toekomstige waterstanden.

Naast waterstanden verandert in de toekomst als gevolg van zettingen in het gebied ook de maximaal toelaatbare waterstand achter de keersluis. In een eerdere studie omtrent de hydraulische belastingen bij het project 'hoogte Delflandse dijk-Haakweg' is een gemiddelde zetting van 3 mm per jaar aangehouden. Hieronder wordt stap voor stap de faalkans anno 2050 met betrekking tot het faalmechanisme *betrouwbaarheid sluiting* afgeleid. In eerste instantie voor een OKP van NAP +1,50 m (overschrijdingskansbenadering) en daarna voor een maximaal toelaatbare binnenwaterstand van NAP +3,00 m (overstromingsbenadering). Een beschouwing van de situatie na



2050 wordt niet relevant geacht, omdat eventuele automatiseringen tegen die tijd al weer aan vernieuwing toe kunnen zijn.

Hanteren maximaal toelaatbaar peil van NAP +1,50 m

- Stap 1 Zettingen: Anno 2050 is er $35 \times 0,03 = 0,11$ m aan zettingen opgetreden. Dit betekent dat het OKP dan nog $\text{NAP } +1,50 \text{ m} - 0,11 = \text{NAP } +1,39 \text{ m}$ bedraagt.
- Stap 2 Zeespiegelrijzing. Anno 2050 bedraagt deze 0,35 m. Dit kan worden verrekend door de maximaal toelaatbare waterstand met 0,35 m te verlagen. Deze bedraagt hierdoor $\text{NAP } +1,39 \text{ m} - 0,35 = \text{NAP } +1,04 \text{ m}$.
- Stap 3 Een waterstand van NAP +1,04 m heeft een overschrijdingsfrequentie van circa 450 keer per jaar (zie Figuur 4)
- Stap 4 De faalkans met betrekking tot *betrouwbaarheid sluiting* bedraagt anno 2050 bij hantering van de overschrijdingskansbenadering $450 \times 1,0 \cdot 10^{-5} = 4,5 \cdot 10^{-3}$ per jaar.
- Stap 5 Uitgaande van de faalkanseis van de nieuwe normering van $6,67 \cdot 10^{-6}$ per jaar, betekent dit dat de keersluis niet zal voldoen aan de nieuwe normering in het jaar 2050. Om de faalkans hieraan wel te laten voldoen dient het sluitproces plaats te vinden met een betrouwbaarheid van $6,67 \cdot 10^{-6} / 450 = 1,48 \cdot 10^{-8}$ per vraag. Dit wordt niet realistisch gedacht.

Bovenstaande laat zien dat bij hantering van het OKP als zijnde een maximaal peil vanuit wateroverlast, er anno 2050 ruimschoots niet voldaan zal worden aan de eisen. Opvallend is ook dat de sluis 450 keer per jaar gesloten moet worden. Rekening houdend met het feit dat circa 80% van de hogere getijdeperioden zich in de winter afspelen, betekent dit dat in de winter elke getijdeperiode gesloten moet worden.

Hanteren maximaal toelaatbaar peil van NAP +3,00 m

- Stap 1 Zettingen: Anno 2050 is er $35 \times 0,03 = 0,11$ m aan zettingen opgetreden. Dit betekent dat het maximaal toelaatbaar peil dan nog $\text{NAP } +3,00 \text{ m} - 0,11 = \text{NAP } +2,89 \text{ m}$ bedraagt.
- Stap 2 Zeespiegelrijzing. Anno 2050 bedraagt deze 0,35 m. Dit kan worden verrekend door de maximaal toelaatbare waterstand met 0,35 m te verlagen. Deze bedraagt hierdoor $\text{NAP } +2,89 \text{ m} - 0,35 = \text{NAP } +2,54 \text{ m}$.
- Stap 3 Een waterstand van NAP +2,54 m heeft een overschrijdingsfrequentie van circa 0,25 keer per jaar (zie Figuur 4). Er is hierbij geen rekening gehouden met een robuustheidstoeslag omdat het hier om hoogfrequente waterstanden gaat.
- Stap 4 De faalkans met betrekking tot *betrouwbaarheid sluiting* bedraagt anno 2050 bij hantering van de overbelastingsbenadering $0,25 \times 1,0 \cdot 10^{-5} = 2,5 \cdot 10^{-6}$ per jaar.
- Stap 5 Uitgaande van de faalkanseis van de nieuwe normering van $6,67 \cdot 10^{-6}$ per jaar, betekent dit dat de keersluis zal voldoen aan de nieuwe normering in het jaar 2050.

Gebruikmakend van de overstromingskansbenadering is het waarschijnlijk dat bij realisatie van de in dit document gebruikte uitgangspunten, de keersluis anno 2050 zal voldoen aan de vigerende eisen voor *betrouwbaarheid sluiting*.



5 Conclusies en handelingsperspectief

In voorliggende memo is gekeken naar de mogelijkheid van het automatiseren van de keermiddelen van keersluis Maassluis met betrekking tot de eisen die ten aanzien van waterveiligheid worden gesteld. Aangezien er binnen een paar jaar in Nederland wordt overgestapt op de overstromingsbenadering in plaats van de vigerende overschrijdingsbenadering, zijn de consequenties hiervan ook inzichtelijk gemaakt.

Met betrekking tot automatisering van de keersluis geldt dat dit ten aanzien van de waterveiligheid goed mogelijk is. Het automatiseren zal naar verwachting niet bijdragen aan een minder veilige sluiting, maar daarentegen zal de betrouwbaarheid theoretisch gezien ook niet of nauwelijks toenemen. Omdat ook bij automatisering nog steeds visueel gecontroleerd moet worden of de keersluis gesloten is en ook bij sluiting het in verband met scheepvaartverkeer handig kan zijn om bij sluiting zicht te hebben op de sluis, blijft na automatisering een wachtdienst benodigd.

Er is een groot verschil in uitkomsten met betrekking tot *betrouwbaarheid sluiting* van de keersluis wanneer in plaats van de overschrijdingskansbenadering wordt overgestapt naar de overstromingskansbenadering. In het laatste geval zijn veel hogere binnenwaterstanden toegelaten, omdat er dan naar substantiële gevolgen wordt gekeken in plaats van wateroverlast. De nieuwe normering zorgt daarbij voor een iets strengere faalkanseis dan de vigerende normering. Daarmee is de nieuwe normering van ondergeschikt belang kijkende naar de toekomst. Van groter belang is de zeespiegelrijzing en mogelijke zettingen van het gebied.

In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat de keersluis niet voldoet ten aanzien van *betrouwbaarheid sluiting*, wanneer uitgegaan wordt van een maximaal toelaatbaar binnenpeil van NAP +1,50 m, wat gelijkgesteld kan worden aan wateroverlast. Dat geldt niet alleen voor de toekomstige normering en waterstanden, maar ook voor de vigerende norm. Dit in tegenstelling tot hetgeen vermeld is in de rapportage van de wettelijke toetsing. Dit wordt veroorzaakt door een vermoedelijk foutieve theoretische bepaling van de kans op falen van de sluiting.

Wanneer gekeken wordt naar substantiële gevolgen, overstromingskansbenadering, geldt dat toepassing hiervan leidt tot het aan minimaal 2050 toe voldoen aan de eisen conform de vigerende en de toekomstige normen.

Gelet op de vermoedelijk foutieve bepaling van de kans op falen van de sluiting en de invloed van deze parameter op de theoretische faalkans, wordt geadviseerd om deze faalkans nader te laten bepalen via een nadere analyse.

De volgende overwegingen kunnen worden gemaakt ten aanzien van de keersluis:

- A. Een hoger maximaal toelaatbaar binnenpeil hanteren. Voor de nabije toekomst is het hanteren van een maximaal toelaatbaar binnenpeil van circa NAP +2,30 m voldoende om de keersluis in 2017 theoretisch te laten voldoen aan de nieuwe normering. Dit impliceert echter wel dat geaccepteerd wordt dat met een kans die groter is dan de faalkanseis voor *betrouwbaarheid sluiting* ($6,67 \cdot 10^{-6}$ per jaar) er water op straat. En deze kans wordt steeds groter, indien de zeespiegelrijzing zich manifesteert zoals aangenomen. Daarnaast geldt dat door zeespiegelrijzing en zettingen binnen afzienbare tijd de keersluis wederom niet zal voldoen, waarbij dan gekozen kan worden om een nog hoger toelaatbaar binnenpeil te hanteren, of de betrouwbaarheid van de sluiting van de keermiddelen verder te optimaliseren
- B. Het standaard sluiten van de keersluis gedurende bepaalde perioden. Er kan bijvoorbeeld worden gekozen voor het standaard sluiten van de keersluis aan het einde van de dag, om het vervolgens de volgende dag weer te kunnen openen. Dit betekent dat de keersluis nog maar de



helft van de tijd geopend is. Daarnaast kan men voor dat men gaat openen op basis van de waterstandsvoorspellingen van de komende dag beslissen of men opengaat of gesloten blijft. Deze maatregel verbetert de betrouwbaarheid van sluiting aanzienlijk. Alleen bij geheel onverwachte hogere waterstanden staat de keersluis dan nog open en moet er een hoogwatersluiting worden uitgevoerd.

Deze maatregel heeft wel een impact op de scheepvaart omdat deze gedurende vaste perioden gestremd is. Indien deze maatregel wordt toegepast, biedt het automatiseren wel voordelen. Immers kan er dan elke avond automatisch gesloten en elke ochtend automatisch geopend worden. Als men niet automatiseert betekent dit dat elke avond een sluiswachter de sluis moet gaan sluiten. Ook het openen dient dan elke dag weer door een sluiswachter plaats te vinden. Automatisering betekent wel dat een visuele controle van de sluiting benodigd blijft. Ten eerste om vast te stellen dat er geen scheepvaart aanwezig is tijdens de sluiting en ten tweede om vast te stellen of de sluiting gelukt is.

- C. Het in de toekomst vervangen/uitbreiden van de keersluis door een schutsluis. In dat geval verandert het verhaal van de betrouwbaarheid van de sluiting in zijn geheel. Bij het ontwerp van deze aanpassing/nieuwbouw kan zeer wel rekening worden gehouden met toekomstige eisen en waterstanden. Het voordeel hiervan is dat wateroverlast als randvoorwaarde goed gehanteerd kan worden. Vanuit de optiek van het historische Maassluis een belangrijk gegeven.
- D. De keersluis standaard gesloten zetten en alleen op afroep bedienen. Deze maatregel lijkt niet realistisch wanneer de huidige scheepvaartintensiteit gehandhaafd blijft of wellicht toeneemt. Alleen bij zeer beperkte scheepvaart (bv een paar schepen per week) is dit hanteerbaar. Het openen van de keersluis vergt namelijk dat er sprake is van een gelijk waterniveau tussen binnen en buiten. Deze momenten komen slechts 4 keer per etmaal voor.

In onderstaande tabel is voor de diverse opties een rangschikking gemaakt per mogelijk beoordelingscriterium voor de 4 genoemde opties. Hierbij staat 1 voor de gunstigste optie en 4 voor de minst gunstige optie. Er is geen weging tussen de criteria toegepast, waardoor de tabel met name dient om verschillen tussen de verschillende opties duidelijk te maken, maar niet om direct een voorkeur te kunnen bepalen.

Tabel 5 Rangschikking opties bij verschillende criteria

optie	Water- veiligheid	Kosten maatregel	Personele inzet	Scheepvaart hinder	Acceptatie bewoners
A. Hoger binnenpeil	4	1	1	1	4
B. 's Avonds sluiten	3	3	2	3	2
C. Schutsluis	1	4	4	2	1
D. Op afroep openen	2	2	3	4	3

