



Vervangingsopgave Natte Kunstwerken

Gevoeligheidstest natte kunstwerken



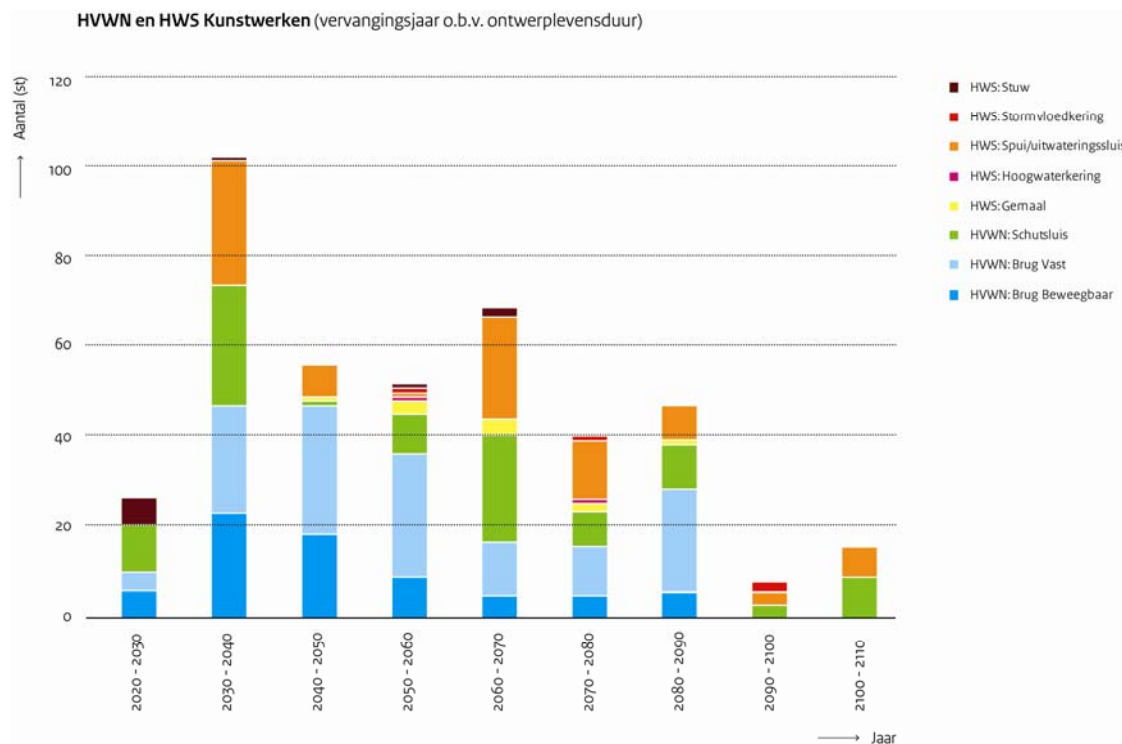
1 Vervangingsopgave en einde levensduur

Achtergrond vervangingsopgave

Rijkswaterstaat werkt aan de vlotte en veilige doorstroming van het verkeer, aan een veilig, schoon en gebruikersgericht landelijk watersysteem en aan de bescherming van ons land tegen overstromingen. Goed functionerende ‘natte kunstwerken’, zoals schut- en spuisluisen, stuwen, gemalen en stormvloedkeringen zijn hiervoor van belang. In totaal beheert Rijkswaterstaat ongeveer 650 van deze kunstwerken, waarvan een groot aantal in het begin of halverwege de vorige eeuw is aangelegd. Aangezien de ontwerplevensduur van kunstwerken 80 tot 100 jaar bedraagt, naderen deze kunstwerken het einde van hun levensduur. Om ook in de toekomst de functies in voldoende mate te kunnen vervullen, zullen deze kunstwerken gerenoveerd of vervangen moeten worden. De kosten hiervan zullen de komende decennia sterk oplopen.

Bepaling einde levensduur – basismethode Deltaprogramma 2013

Voor de onderbouwing van de vervangingsopgave is het van belang om tijdig te weten *wanneer welke* kunstwerken het einde van hun levensduur zullen bereiken. Een eerste overzicht hiervoor heeft Rijkswaterstaat ten behoeve van het DP2013 opgesteld (bijlage H). Voor alle natte kunstwerken is aangegeven binnen welke periode ‘einde levensduur’ wordt verwacht, door de ontwerplevensduur op te tellen bij het stichtingsjaar van het betreffende kunstwerk. Onderstaande figuur 1 toont hiervan het resultaat.



Figuur 1 Verwachte vervangingsperiode van de natte kunstwerken op basis van stichtingsjaar en ontwerplevensduur.

Deze 'basismethode' maakt het mogelijk snel voor alle 650 kunstwerken een voorspelling 'einde levensduur' te doen. Op basis daarvan is een eerste compleet overzicht van de verwachte vervangingsperioden verkregen (figuur 1). Deze aanpak heeft onvermijdelijk een aantal vereenvoudigingen in zich. Zo wordt geen rekening gehouden met:

1. **veranderende omstandigheden.** Wanneer gebruik en belasting van een kunstwerk zich anders ontwikkelen dan waarmee in het ontwerp rekening werd gehouden, kan veroudering zich sneller (of trager) manifesteren. Het moment 'einde *technische* levensduur' zal zich eerder (of later) aandienen. Als voorbeeld een betonnen sluis kolk die in de loop der jaren zodanig is gedegradeerd dat vervanging van de kolk nodig is, aangezien reparatie van de kolk niet meer kosteneffectief is.
2. **veranderde functionele eisen.** De functionele eisen beschrijven de taken die een kunstwerk moet vervullen. Veranderende maatschappelijke en/of klimatologische omstandigheden kunnen de functionele eisen die aan een kunstwerk zijn gesteld, beïnvloeden, waardoor het kunstwerk in functionele zin niet meer voldoet. Dit wordt aangegeven als '*einde functionele levensduur*'. Als voorbeeld een sluis in uitstekende technische staat die, door de beperkte afmetingen, niet langer in staat is het actuele aanbod te verwerken, waardoor de wachttijden voor de scheepvaart onacceptabel lang worden.
3. kunstwerken die **meerdere functies** vervullen. Als voorbeeld een zeesluis die naast de schutfunctie tevens de functie van primaire waterkering heeft. Voor een duidelijk beeld van de vervangingsopgave is het belangrijk inzicht te hebben in de functie die bepalend wordt geacht voor einde technische of functionele levensduur.
4. **onzekerheden** die onvermijdelijk zijn verbonden aan de voorspelling van einde technische en/of functionele levensduur. Door het moment einde levensduur van een kunstwerk als één tijdstip aan te geven, wordt een nauwkeurigheid gesuggereerd die in werkelijkheid niet aanwezig is.

Bepaling einde levensduur: Gevoeligheidstest natte kunstwerken (VONK)

Rijkswaterstaat wil de benodigde investeringen voor vervangingen en/of renovaties zodanig flexibel plannen, dat aanpassing aan veranderende omstandigheden kan plaatsvinden. Daarom is de vervangingsopgave gekoppeld aan het concept *Adaptief Deltamanagement* binnen het Deltaprogramma. De investeringspaden voor de voorspelling van het Deltaprogramma en de vervanging en renovatie van natte kunstwerken worden daarin met elkaar verbonden. Om dit te bewerkstelligen is een nauwkeurige bepaling van '*einde levensduur*' van de kunstwerken noodzakelijk. Daarom werkt Rijkswaterstaat op dit moment aan een *geavanceerde methode* voor het bepalen van 'einde levensduur' van de kunstwerken: de 'Gevoeligheidstest natte kunstwerken'.

2 Ontwikkeling Gevoeligheidstest natte kunstwerken

Het doel van de Gevoeligheidstest is een *nauwkeurige* voorspelling te doen van 'einde levensduur' voor alle natte kunstwerken. Dit wordt bereikt door gebruik te maken van de Deltascenario's en beschikbare objectspecifieke informatie. Hieronder wordt de methode toegelicht en wordt ingegaan op de resultaten waarbij de raakvlakken met het Deltaprogramma worden benoemd.

Einde technische levensduur

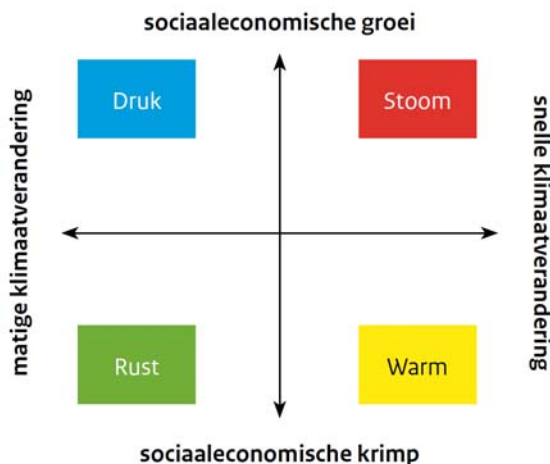
Voor de bepaling van einde technische levensduur wordt uitgegaan van informatie over de *huidige staat* (en de huidige prestaties) van het kunstwerk, zoals deze door middel van inspecties en analyses is vastgesteld. Bronnen die hiervoor worden gebruikt zijn:

- o het Data InformatieSysteem Kunstwerken (DISK) waarin alle periodieke inspectie-resultaten van alle kunstwerken zijn vastgelegd;
- o resultaten van de Risico-Inventarisatie Natte Kunstwerken (RINK) waarbij voor een selectie van de kunstwerken een diepgaande kwantitatieve risicoanalyse is uitgevoerd;
- o resultaten van het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK), waarbij van veel kunstwerken de prestaties ten aanzien van de functie hoogwaterkeren zijn vastgelegd.

Voor de kunstwerken moet een zo goed mogelijke voorspelling worden gedaan ten aanzien van veroudering, degradatie en slijtage. Daarbij wordt gebruik gemaakt van literatuurgegevens en expert judgement, waarbij ook de Deltascenario's input zijn.

Einde functionele levensduur

Het Deltaprogramma brengt met het *Deltamodel* de effecten van de *Deltascenario's* (mogelijke klimaatontwikkelingen en socio-economische ontwikkelingen) op het hoofdwatersysteem en het hoofdvaarwegennet in kaart. Vragen die daarbij spelen zijn bijvoorbeeld: neemt de maatgevende hoogwaterstand voor waterkeringen toe? Moet een gemaal vaker en meer water wegpompen om het peil te kunnen handhaven? Wordt formaat van en het aantal schepen dat een bepaalde sluis moet passeren groter in de toekomst?



Figuur 2 De vier Deltascenario's

Voor elk van de vier scenario's (figuur 2) wordt afgeleid op welk moment, naar verwachting, waterkeringen te laag, sluizen en gemalen te klein en bruggen te smal en te laag worden. Kortom, wanneer een kunstwerk einde functionele levensduur bereikt.

Funcies van de kunstwerken

De kunstwerken vervullen één of meerdere functies (zie onderstaande tabel). Per kunstwerktype is één hoofdfunctie bepaald, waarop de Gevoeligheidstest zal plaatsvinden. Indien het kunstwerk een hoogwaterkerende functie heeft, zal de Gevoeligheidstest in alle gevallen voor deze functie plaatsvinden.

Maatschappelijke functies	Waterveiligheid bieden		Voldoende zoet water leveren				Mogelijk maken van een vlotte en veilige scheepvaart		Schoon & gezond water leveren	
	Hoogwater keren	water afvoeren	Water inlaten	Water pompen	Peil scheiden	Zoet-zout scheiden	Scheepvaart doorlaten	Faciliteren scheepvaart	Vis doorlaten	Wegverkeer doorlaten
Typen natte kunstwerken (654) (benaming conform DISK)										
Brug vast (188)	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X
Brug beweegbaar (91)	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X
Stuw (10)	-	X	-	-	X	-	(X)	-	-	-
Schutsluis (kolk) (123)	(X)	(X)	(X)	-	X	(X)	X	-	-	(X)
Spui-/uitwateringssluiss (94)	(X)	X		-	X	(X)	-	-	(X)	-
Waterreguleringswerk (32)	(X)	-	X	-	X	-	-	-	-	-
Gemaal (19)	(X)	-	-	X	X	-	-	-	-	-
Hoogwaterkering (2)	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-
Stormvloedkering (4)	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-
Sifon/duiker/hevel (63)	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-
Onderdoorgang (5)	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-
Afmeervoorziening (15)	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Kunstwerken t.b.v. natuur (8)	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-

x: functie horend bij type kunstwerk

(x): de betreffende functie wordt niet door alle afzonderlijke kunstwerken binnen het type vervuld.

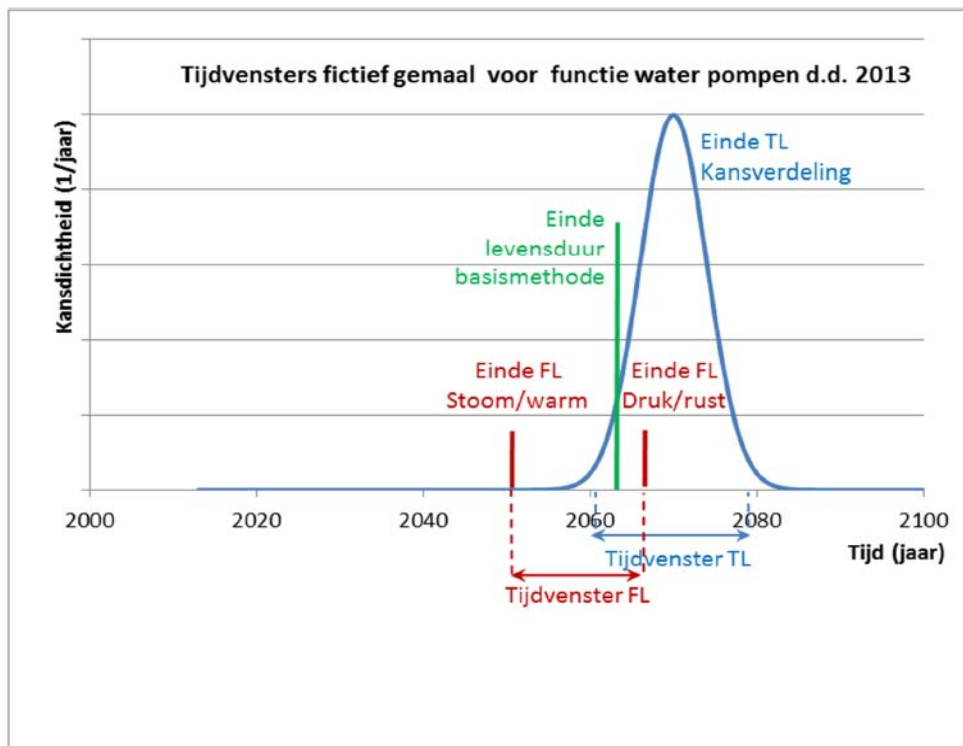
x: functie waarop Gevoeligheidstest wordt uitgevoerd



Onzekerheid

Voorspellingen einde levensduur zijn onzeker, aangezien we nu niet precies weten hoe de toekomst er uit zal zien. Het is goed deze onzekerheid in de voorspellingen expliciet te maken, zodat daar bij het opstellen van vervangingsstrategieën op kan worden geanticipeerd. Daarom wordt in de Gevoeligheidstest, 'einde levensduur' niet als één 'moment' gepresenteerd, maar als een 'tijdvenster'. De kans is dan klein dat einde levensduur bereikt zal worden buiten het aangegeven tijdvenster. Door meer informatie aan de voorspelling toe te voegen, worden de tijdvensters smaller. Dit kan onder andere door verbetering van het inzicht in de staat van een kunstwerk, maar ook door bijstelling van de toekomstscenario's aan de hand van monitoring. Zo zal een voorspelling van het gemiddeld zeeniveau in 2050, die gedaan wordt in 2013, met meer kennisonzekerheid omgeven zijn dan wanneer diezelfde voorspelling wordt gedaan in 2045.

Voor de bepaling van einde *technische levensduur* worden beschikbare gegevens over alle kunstwerken (uit DISK) gecombineerd met gedetailleerde gegevens van een selectie van kunstwerken (uit RINK). Dit gebeurt via een statistische methode met als resultaat een kansverdeling van 'einde technische levensduur' voor alle natte kunstwerken. Op basis hiervan wordt vervolgens het tijdvenster 'einde technische levensduur' vastgesteld (figuur 3). Voor de bepaling van het tijdvenster einde *functionele levensduur* wordt gebruik gemaakt van informatie uit de vier verschillende Deltascenario's om de momenten 'einde functionele levensduur' te kunnen berekenen. Deze scenario's omvatten het volledige spectrum van de verwachte klimaat- en socio-economische ontwikkelingen (figuur 2).



Figuur 3 Einde levensduur van een fictief gemaal gebaseerd op de basismethode (groen) en de Gevoeligheidstest (rood en blauw).

Figuur 3 toont, ter illustratie, de uitkomsten van de Gevoeligheidstest voor een fictief gemaal voor de functie water pompen. Als referentie is ook de uitkomst van de basismethode voor dit kunstwerk weergegeven, waarbij het *moment* einde levensduur is bepaald op 2063 (in groen). De kansverdeling van de bepaling einde technische levensduur is weergegeven (in blauw), resulterend in het *tijdvenster* 'einde technische levensduur' van ongeveer 2061-2079. Dit betekent concreet dat ergens in die periode het geheel van de civiele constructie, pompen en installaties technisch niet meer voldoet en het ook niet langer kosteneffectief is om door beheer en onderhoud het kunstwerk weer op 'niveau' te brengen.

Daarnaast zijn de twee momenten 'einde functionele levensduur' (in rood) aangegeven, resulterend in een *tijdvenster* 'einde functionele levensduur' van 2050 – 2067. Dit betekent concreet dat het gemaal ergens in die periode onvoldoende capaciteit heeft om het waterpeil te kunnen handhaven.

3 Relatie Gevoeligheidstest met strategieontwikkeling Deltaprogramma

De uitkomst van de Gevoeligheidstest levert, ten opzichte van het overzicht gebaseerd op de ontwerp levensduur, naar verwachting een genuanceerder beeld van de vervangingsopgave, omdat feitelijke technische veroudering, klimatologische en socio-economische ontwikkelingen worden meegenomen. Deze basisinformatie kan gebruikt worden bij het opstellen en verder uitwerken van de voorkeursstrategieën.

In bijgevoegde kaders ter illustratie een greep uit de huidige kansrijke strategieën van de deelprogramma's met daarbij een beschouwing op de relatie met de levensduur van de natte kunstwerken en de meerwaarde van de Gevoeligheidstest.

Deelprogramma IJsselmeergebied

In het winterseizoen moet het overtollige water op het IJsselmeer worden afgevoerd naar de Waddenzee. Dat kan naar verwachting tot ongeveer 2050 door een combinatie van spuien en pompen. Daarbij spelen de kunstwerken in de Afsluitdijk en de Houtribdijk een belangrijke rol. Door het stijgen van de zeespiegel in combinatie met het besluit om het IJsselmeerpeil niet te laten meegroeien met de zeespiegel, wordt spuien onder vrij verval in de toekomst steeds moeilijker en zal er steeds vaker gebruik gemaakt moeten worden van pompen. Dit betekent op termijn een verschuiving van de frequentie en intensiteit van het gebruik van spuisluizen naar gemalen. De verwachting is dat de zeespiegelstijging omstreeks 2050 zodanig is, dat de spuicapaciteit te beperkt is en er extra pompcapaciteit nodig is. Men verwacht dat de huidige spuicomplexen in de Afsluitdijk in 2050 functioneel niet meer voldoen en aan vervanging toe zijn. Dan wordt opnieuw beoordeeld hoeveel spui en pompcapaciteit nodig is. Er is gekozen voor een adaptieve strategie: meegroeien met ontwikkelingen. Dit betekent concreet het stapsgewijs bijplaatsen van pompen op de Afsluitdijk.

De Gevoeligheidstest bepaalt de tijdvensters einde levensduur van de bestaande spuumiddelen in de Afsluitdijk gegeven de verwachte autonome ontwikkeling. Dit maakt het mogelijk de ontwikkel- en investeringspaden op te stellen voor het vervangen van deze spuumiddelen en het bijplaatsen van de benodigde extra pompcapaciteit.



Deelprogramma Rijnmond-Drechtsteden

Het optimaliseren van de huidige situatie, waarbij bestaande stormvloedkeringen ook in de toekomst hun functie blijven vervullen, vormt de basis van de strategieontwikkeling. Dit betekent dat er voorlopig niet wordt gekozen om het watersysteem grootschalig anders in te richten. De bestaande keringen, zoals de Maeslantkering en de Hollandsche IJsselkering, zullen in de toekomst door klimaateffecten te maken krijgen met extremere belasting en vaker worden ingezet. Met de Gevoeligheidstest wordt bepaald hoe de autonome ontwikkeling van invloed is op einde levensduur van de kunstwerken in deze regio. Met de resultaten uit de Gevoeligheidstest kan de gekozen strategie aangepast worden.



Hollandsche IJsselkering

Deelprogramma Zuidwestelijke Delta

Als kansrijke strategie is gekozen voor het continueren van het huidige beleid. Uitgangspunt is dat er geen grote aanpassingen nodig zijn aan de huidige inrichting van het systeem. Klimaatverandering en het effect hiervan op het watersysteem leidt tot meer frequent en intensief gebruik van de bestaande kunstwerken. Dit heeft invloed op het moment waarop de kunstwerken functioneel en technisch falen. Dit geldt voor vrijwel alle kunstwerken in de Zuidwestelijke Delta. Het gaat daarbij vooral om kunstwerken met een hoogwaterkerende functie en een waterbeheer functie (water toe- en afvoer, of het scheiden van zoet en zout water). De Gevoeligheidstest brengt zo nauwkeurig mogelijk in beeld wanneer einde technisch- en functionele levensduur van de kunstwerken bereikt zal worden gegeven de verwachte autonome ontwikkeling.

Deelprogramma Rivieren

Maas en Neder-Rijn-Lek

De Maas en de Neder-Rijn-Lek zijn beide het merendeel van de tijd gestuwde rivieren met een gereguleerd peil, waarbij schepen gebruik maken van schutsluizen om de stuwcomplexen te passeren. Alleen bij hoge afvoeren worden de stuwen getrokken. Het vaker en langduriger voorkomen van lagere afvoeromstandigheden door klimaatverandering betekent niet dat stuwen en schutsluizen vaker worden gebruikt en heeft dus nauwelijks invloed op einde technische levensduur. Het vaker voorkomen van hogere afvoeren zou tot gevolg kunnen hebben dat ondanks gestreken stuwen de waterstand bovenstrooms toch teveel oploopt, waardoor einde functionele levensduur mogelijk eerder optreedt. De Gevoeligheidstest levert inzicht op of dit in inderdaad het geval zou kunnen zijn.



Stuwcomplex in Neder-Rijn-Lek

4 Bijdrage aan DeltaProgramma 2015

Voor het DP2015 kan bepaald worden wat het effect is van de voorkeursstrategieën op de momenten waarop einde levensduur wordt bereikt, zoals die aan de hand van de Gevoeligheidstest in beeld zijn gebracht. Het resultaat hiervan kan betekenen dat tijdsvensters verschuiven. In het kader wordt hiervan een voorbeeld gegeven.

Waal en IJssel

De autonome klimaatontwikkeling tot 2100 zorgt in de situatie met de huidige inrichting voor een toename van de hoogwaterstanden op de Rijnakken. Als in plaats van dijkverhoging, rivierverruiming wordt toegepast, zal het tijdsvenster voor vervanging van kunstwerken later in de tijd vallen. De keuze en uitwerking van de strategie beïnvloedt dus het effect op hoogwaterstanden en daardoor ook het vervangingsmoment van kunstwerken met een hoogwaterkerende functie en bruggen waarbij een minimale doorvaarthoogte bij hoogwateromstandigheden vereist is.

Het resultaat kan vervolgens vertaald worden naar investerings- en adaptatiepaden, maar biedt ook inzicht in de eventueel benodigde functieaanpassing per kunstwerk en functionele relaties tussen kunstwerken. Deze confrontatie levert hiermee een concrete bijdrage aan de Deltabeslissingen op.

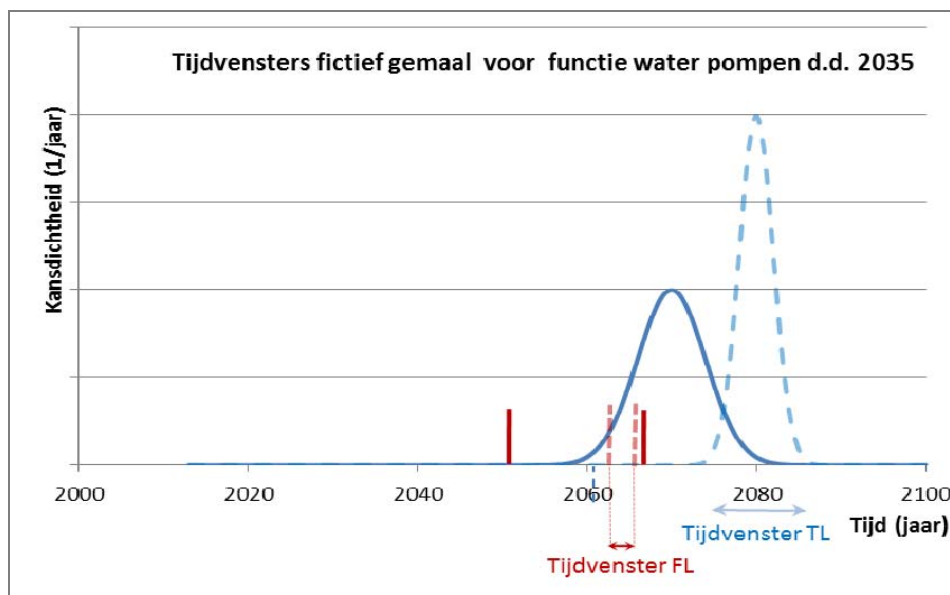
In het onderstaande kader een illustratie van de doorwerking van de gevoeligheidstest op de besluitvorming met betrekking tot de vervangingsstrategie voor een fictief kunstwerk.

Illustratie doorwerking Gevoeligheidstest

Als uitgangspunt nogmaals als voorbeeld een fictief gemaal. Zoals te zien in figuur 4, zal op basis van de nu beschikbare informatie einde functionele levensduur naar verwachting eerder optreden dan einde technische levensduur. Dit betekent dat er vanaf ongeveer 2050 extra pompcapaciteit zal moeten worden gerealiseerd. De nu beschikbare informatie geeft aan dat er rond 2050 een groot nieuw gemaal geplaatst zou moeten worden met voldoende capaciteit voor de dan volgende decennia. Er moet dan een bedrag worden gereserveerd in de Rijksbegroting waarmee zo rond 2050 het bestaande gemaal vervangen zou kunnen worden.

Deze reservering zal veranderen naarmate de tijd verstrijkt, omdat de omstandigheden veranderen: er komt nieuwe informatie beschikbaar waarmee de eerdere voorspellingen kunnen worden verbeterd. Dit wordt geïllustreerd in onderstaande figuur. Deze geeft dezelfde (fictieve) voorspelling weer, maar dan gemaakt in 2035 (stippellijn). Hieruit blijkt dat zowel einde technische als functionele levensduur later worden verwacht, doordat de zeespiegelstijging en de veroudering trager verliepen dan aanvankelijk gedacht. Op basis van deze nieuwe situatie wordt besloten om met levensduur verlengend onderhoud de technische levensduur van het gemaal te verlengen en grote investeringen uit te stellen. In deze nieuwe situatie zal in 2060 de capaciteit worden uitgebreid via het bijplaatsen van extra pompcapaciteit. Vervolgens zou dit nieuwe gemaal in stapjes kunnen worden uitgebreid om uiteindelijk de functie van het 'oude' gemaal helemaal over te nemen. Uiteraard spelen Life Cycle Cost-overwegingen een heel belangrijke rol bij de te nemen besluiten.

Tijdvensters kunnen ook verschuiven door maatregelen die genomen worden in het achterland van het gemaal. Zo zal ook het vergroten van bergingsmogelijkheden in het regionale watersysteem van invloed zijn op de benodigde pompcapaciteit, waardoor tijdvensters einde levensduur verschuiven.



Figuur 4 Tijdvensters van een fictief gemaal kunnen door voortschrijdend inzicht of door maatregelen/ingrepen verschuiven in de tijd.

Colofon

Uitgegeven door
Informatie
email
Uitgevoerd door

Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
M. Tosserams
marcel.tosserams@rws.nl
Projectteam **VONK** i.s.m. Iv-Infra en HKV[lijn in water](#)