



Kennisprogramma Natte Kunstwerken
Kennisplan 2022

*Vervangings- en renovatieopgave
natte kunstwerken in Nederland*

Kennisbijdrage:

Ontwikkeling VenR-afwegingskader

Economische afweging in een praktijkcase
(Maasstuwen)

Auteurs

Mark de Bel	(Deltares)
Joost Bredeveld	(Deltares)
Nienke Kramer	(Deltares)
Jan Helmer	(Rijkswaterstaat)
Anna Krabbe-Lugnér	(Rijkswaterstaat)
Ad van 't Zelfde	(TNO)

kenmerk	: <KpNK-20xx-KVx.x-xxx-x00x>
versie	: 1.0
datum publicatie	: 15 november 2022



Voorwoord

Kennisprogramma Natte Kunstwerken

Sluizen, stuwen, gemalen en stormvloedkeringen zijn belangrijke assets waarvoor beheerders zoals Rijkswaterstaat en de waterschappen verantwoordelijk zijn. Veel van deze natte kunstwerken in de waterinfrastructuur bereiken de komende decennia het einde van hun (technische en/of functionele) levensduur. Zij kunnen daardoor hun functies naar verwachting niet meer adequaat blijven uitoefenen. Dit zal ten koste gaan van de mate waarin de waterinfrastructuur voldoet aan betrouwbaarheidseisen. In het kader van goed assetmanagement staan we dan ook voor de enorme opgave om deze kunstwerken te vervangen of te renoveren. Welke kennis hebben we nodig om dat efficiënt, kostenbesparend en toekomst-bestendig aan te pakken?

Deltares

MARIN



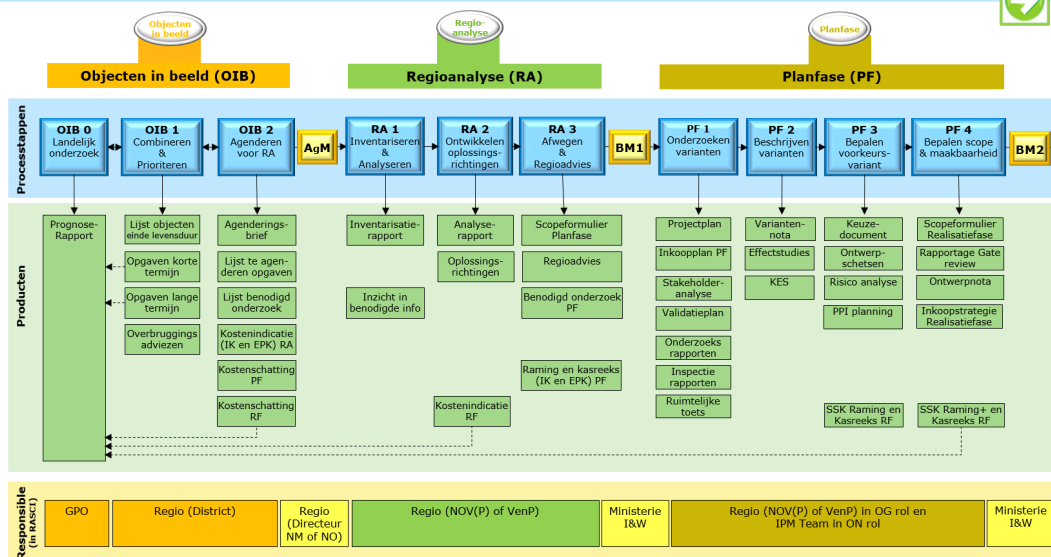
TNO

In het Kennisprogramma Natte Kunstwerken (KpNK) ontwikkelen en bundelen Deltares, MARIN, TNO en Rijkswaterstaat deze kennis op basis van de Samenwerkingsovereenkomst Natte Kunstwerken.

Werkwijze vervangings- en renovatieproces

De laatste jaren richten we ons niet meer uitsluitend op een-op-een vervanging van kunstwerken. We zoeken steeds meer naar mogelijkheden om hun levensduur te verlengen en (noodzakelijke) ingrepen te koppelen aan gebieds- en netwerkontwikkelingen en aan functionele ontwikkelingen. Rijkswaterstaat heeft als assetmanager een vernieuwde werkwijze voor dit vervangings- en renovatieproces (VenR) opgesteld om een uniform en systematisch proces te hebben waarmee een VenR-maatregel transparant onderbouwd kan worden (zie Figuur 1).

Procesketen VenR (tot aan Realisatie)



Figuur 1: Procesketen VenR binnen Rijkswaterstaat



Deze procesketen vormt de basis waar de kennisontwikkeling van het kennisprogramma aan bijdraagt.

Twee-stappen-benadering en drie kernvragen

De kennis die we ontwikkelen binnen het Kennisprogramma Natte Kunstwerken draagt bij aan de stapsgewijze-benadering binnen deze Procesketen VenR:

- stap 1 (*Objecten in Beeld*): richt zicht op (het einde van) de technische levensduur van een kunstwerk en het agenderen van de VenR-opgave in het *Prognoserapport*;
- stap 2 (*Regioanalyse*): brengt vooral de relatie in kaart tussen het kunstwerk en de netwerken waar het (samen met andere kunstwerken) deel van uitmaakt. In het resulterende *Regioadvies* gaat het ook over (het einde van) de functionele levensduur.

Inhoudelijk vindt het onderzoek plaats aan de hand drie *kernvragen*:

1. Hoe lang gaat mijn kunstwerk nog mee, zowel technisch als functioneel?
2. Welke alternatieven heb ik, behalve een-op-een vervanging?
3. Hoe weeg ik de alternatieven tegen elkaar af?

Programmaplan, jaarlijkse kennisplannen en samenwerking

Het programmaplan omvat de achtergronden en ambities voor de gehele looptijd van het Kennisprogramma Natte Kunstwerken. Jaarlijks worden deze ambities uitgewerkt in een kennisplan en een bijbehorend financieringsplan. Andere partijen zoals waterschappen, adviesbureaus en andere (commerciële) organisaties, nodigen we uitdrukkelijk uit om deel te nemen aan het gezamenlijk uitvoeren van een kennisplan, bijvoorbeeld met kennisbijdragen in voor hen relevante onderzoeksprojecten, met praktijkervaringen of financiële bijdragen.

Resultaten delen

Bijdragen en onderzoeksresultaten uit ons Kennisprogramma Natte Kunstwerken delen we met de hele sector via onze website (www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl) en op andere manieren.

Hieronder vindt u een kennisbijdrage binnen werkpakket Ontwikkeling VenR-afwegingskader uit het kennisplan 2022. Het omvat eerst de samenvatting van het onderzoek “Economische afweging in een praktijkcase (Maasstuwen)”. Deze activiteit is namens het Kennisprogramma Natte Kunstwerken geleid door Deltares. Na de samenvatting vindt u het volledige onderzoeksverslag in de vorm van een onderzoeksrapport .

N.B. Het volledige onderzoeksverslag is gelijk aan het originele onderzoeksverslag van Deltares, met uitzondering van het titelblad. Bij publicatie van dit onderzoeksverslag op de KpNK-website, is deze om privacyredenen verwijderd.



Kennisprogramma Natte Kunstwerken *Kennisplan 2022*

Meer informatie

- Het Kennisprogramma Natte Kunstwerken is de uitwerking van de onderzoekslijn 'Toekomstbestendige Natte Kunstwerken' binnen het Nationaal Kennisplatform voor Water en Klimaat (NKWK). Zie www.waterenklimaat.nl

NKWK

- Voor meer informatie over het programma Kennisprogramma Natte Kunstwerken, zie www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl.



- Voor vragen over het Kennisprogramma Natte Kunstwerken en het kennisplan 2022 kunt u terecht bij Daan Dunsbergen, email daan.dunsbergen@rws.nl
- Voor vragen over de voorliggende kennisbijdrage kunt u terecht bij de auteurs:

Deltares - Nienke.Kramer@deltares.nl>

Rijkswaterstaat - Anna.lugner@rws.nl>

TNO - ad.vantzelfde@tno.nl



Kennisprogramma Natte Kunstwerken
Kennisplan 2022



Samenvatting

Ontwikkeling VenR-afwegingskader

Economische afweging in een praktijkcase (Maasstuwen)

Hieronder vindt u een kennisbijdrage van het werkpakket 'Ontwikkeling VenR-afwegingskader' uit het kennisplan 2022. De bijdrage is geleid door Deltares en omvat de samenvatting van het onderzoek 'Economische afweging in een praktijkcase (Maasstuwen)'. Na de samenvatting vindt u het volledige onderzoeksverslag. De bijdrage is een product van kernvraag 3: hoe weeg ik alternatieven tegen elkaar af?

Aanleiding en probleemstelling

Voor een toekomstbestendige en kostenefficiënte investeringsbeslissing is het van groot belang dat waterbeheerders systematisch en transparant een afweging tussen verschillende VenR-alternatieven (opties) kunnen maken die over alle gebruiksfuncties van het natte kunstwerk heen gaat (integraal is). De afweging moet niet alleen gaan over kosten en baten van uitvoeringsalternatieven, maar moet ook kijken naar niet-monetaire prestaties en risico's.

Naar aanleiding van een concreet verzoek van Rijkswaterstaat, om beslisinformatie te verkrijgen over de maatschappelijke meerwaarde van het doorvaarbbaar maken van vier van de zeven Maasstuwen, hebben we in dit onderzoek een afweging gemaakt tussen doorvaarbare en niet-doorvaarbare opties voor een regelbare stuw en dan vooral wat betreft kosten en baten.

Onderzoeksvraag (WAT)

Hoe kan de wisselwerking tussen aan de ene kant technische eisen en ambities inclusief uitwerking daarvan in (technische) opties, en aan de andere kant een maatschappelijke kosten- en batenanalyse, het beste worden vormgegeven in een integrale VenR-afweging? En hoe dit zo insteken, dat die wisselwerking sturend is voor wel of niet gedetailleerd uitwerken van een of meer oplossingsrichtingen?

Onderzoeksaanpak en -methode (HOE)

Voor de praktijkcase Maasstuwen (in het bijzonder voor de stuw-/sluiscomplexen bij Grave, Sambeek, Belfeld en Roermond) is een economische afweging gemaakt van drie door RWS ontwikkelde uitvoeringsalternatieven voor de vervanging van deze stuw-/sluiscomplexen: doorvaarbare stuw, niet-doorvaarbare stuw en verhoging van het sluiscomplex. Het betreft oplossingen voor regelbare stuwen. Bij de ontwikkeling van die alternatieven is zowel gekeken naar de prestaties van de individuele complexen als naar de netwerkprestaties van de gezamenlijke objecten.

In de economische afweging is als eerste een 'grove' analyse gemaakt van de kosten en baten van de drie uitvoeringsalternatieven. Daarbij is gekeken welke aspecten de meeste significante verschillen in kosten en baten opleveren. In een meer gedetailleerde analyse is daarna met meer diepgang gekeken naar de verschillende economische prestaties van de drie alternatieven.



Onderzoeksresultaten en synthese

Uit de gedetailleerde analyse bleek dat de extra baten van een verhoogde uitvoering van het sluis-complex, dus van één van de drie alternatieven, niet opwegen tegen de extra geschatte kosten van de uitvoering ervan. Bij de vergelijking van de twee alternatieven met een wel of niet doorvaarbare stuw, waren er wel significante verschillen in baten, maar waren de kostenramingen van deze alternatieven helaas onvoldoende uitgewerkt om een keuze voor één van de alternatieven te onderbouwen.

Evaluatie en vooruitblik

De voorgestelde werkwijze, met eerst een grove economische analyse gevolgd door een meer gedetailleerde analyse waarbij kosten en baten gedetailleerd zijn uitgewerkt, lijkt een goede manier te zijn om een efficiënt beslisproces te sturen. Door in de grove analyse belangrijke aspecten in de uitvoeringsalternatieven te identificeren, kan de inzet worden gefocust op die aspecten die de meeste significante verschillen tussen de alternatieven laten zien - zowel technische als economische aspecten – en kan een iteratieve benadering van het besluitproces bevorderd worden. Binnen deze iteratieve aanpak kan op basis van de eerste grove analyse gekeken worden of er extra, efficiëntere, varianten kunnen worden meegenomen in het zoeken naar oplossingen. Dit laatste aspect is door tijdgebrek helaas niet meegenomen in de huidige analyse, maar zal een waardevolle uitbreiding zijn dat bij vervolgonderzoek (in 2023) wel meegenomen zal worden.

We willen benadrukken dat het niet de bedoeling is een 'snelle' analyse te doen die maar een beperkt aantal kosten en baten meeneemt. Alle kosten en baten moeten worden geïdentificeerd. In de grove analyse wordt vervolgens een focus aangebracht op de meest significante kosten en baten componenten, zodat onderzoek naar alternatieven bij het ontwikkelen van een voorkeursalternatief zich op deze aspecten kan concentreren. Komen er in een later stadium van het onderzoek toch ook nog andere significante aspecten naar boven, dan wordt de analyse daaraan aangepast.

Kennisprogramma Natte Kunstwerken
Ontwikkeling VenR-afwegingskader
Economische afweging in een praktijkcase (Maasstuwen)

Auteur(s)

Deltares: Mark de Bel, Joost Breedevelt en Nienke Kramer

Rijkswaterstaat: Jan Helmer en Anna Krabbe-Lugnér

TNO: Ad van 't Zelfde



Kennisprogramma Natte Kunstwerken - Ontwikkeling VenR-afwegingskader

Economische afweging in een praktijkcase (Maasstuwen)

Opdrachtgever	-
Contactpersoon	-
Referenties	-
Trefwoorden	Vervanging en Renovatie, Maasstuwen, economische analyse, scheepvaart, ongewenste topgebeurtenis, KpNK

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	15 november 2022
Projectnummer	
Document ID	KpNK
Pagina's	47
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

Deltares	Joost Bredeveld Mark de Bel Nienke Kramer	
Rijkswaterstaat	Jan Helmer Anna Krabbe-Lugnér	
TNO	Ad van 't Zelfde	

Samenvatting

Voor de voorbereiding van de beleidsbeslissing over het vervangen van vier stuwen op de Maas heeft RWS aan het Kennisprogramma Natte Kunstwerken beslisinformatie gevraagd over de maatschappelijke meerwaarde van het doorvaarmaar maken van de stuwen voor scheepvaart tijdens hoge afvoeren. Met uitzondering van de deelvragen over de kosten, zijn al de RWS-vragen in (van Baaren et al, 2022) beantwoord.

Dit onderzoeksrapport rondom de praktijkcase Maasstuwen heeft twee doelstellingen:

1. Het beantwoorden van de resterende deelvragen van RWS over de kosten, vertaald naar de onderzoeksvraag: *Wat zijn de verschillen in maatschappelijke kosten en baten (in euro's) voor de scheepvaart tussen de beide VenR-alternatieven (i.e. doorvaarbare en niet-doorvaarbare stuw) in de Maas?*
2. Het komen tot een effectieve en efficiënte (generieke) werkwijze voor afwegingsprocessen VenR waarin technische én economische analyses een plek hebben.

Ad 1.

De onderzoeksvraag is op basis van een versimpelde (Bijlage A) én gedetailleerde (Bijlage B) economische analyse beantwoord. Bij de huidige onvolledige kostenraming en met de huidige grote bandbreedte van de baten wijzen beide economische analyses in de richting, dat de voorkomen hoeveelheid tijdverlies bij doorvaarbare stuwen vanuit economisch oogpunt onvoldoende is om de extra investeringen in doorvaarbare stuwen te rechtvaardigen. Voor getalsmatige waarden van kosten en baten wordt naar beide analyses verwezen.

In aanvulling op de economische analyses is in Bijlage D een toelichting op de ongewenste topebeurtenis (OTG), en hoe deze zich tot een MKBA verhoudt.

Ad. 2.

Op basis van de combinatie van beide economische analyses voor de praktijkcase Maasstuwen lijkt de volgende gefaseerde werkwijze bij een VenR-afweging effectief en efficiënt:

- vroeg in het afwegingsproces een versimpelde economische analyse om sturing te geven aan de (verdiepende) technische analyses binnen de afweging;
- later een gedetailleerde economische analyse om, op basis van gerichte nadere technische analyses, de beslisinformatie voor de afweging te leveren.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Aanpak economische analyse	9
1.1	Inleiding	9
1.1.1	Aanleiding	9
1.1.2	Doelstelling	9
1.1.3	Aanpak	9
1.2	Conclusie	10
1.2.1	Deelvragen RWS-ZN en RWS-Ontwerpt bij Maasstuwen	10
1.2.2	Generieke aanpak	10
1.3	Bronvermelding	10
A	Versimpelde economische analyse	12
A.1	Inleiding	12
A.2	Aanpak	12
A.3	Kosten	13
A.4	Kwantificering van de baten	13
A.4.1	Hydrologie	13
A.4.2	Scheepvaart	15
A.5	Kosten Baten Analyse voor de scheepvaart	16
A.6	Conclusies	19
A.7	Discussie/aandachtspunten	19
B	Gedetailleerde economische analyse	20
B.1	Doelstelling	20
B.2	Methode economische analyse scheepvaart	20
B.2.1	De gedachtegang	20
B.2.2	Uitgangspunten en aannames	22
B.2.3	Samenvatting	27
B.3	Kosten van een doorvaarbare en een niet-doorvaarbare stuw	28
B.3.1	Aanpak	28
B.3.2	Tussenresultaat	28
B.3.3	Input voor economische analyse scheepvaart	29
B.4	Resultaat economische analyse scheepvaart	30
B.4.1	Geprognostiseerde scheepvaartbaten voor Belfeld	30
B.4.2	Economische analyse scheepvaart voor 4 stuwen	33
B.5	Conclusie economische analyse scheepvaart	35
C	Achtergronden bij Bijlage B: Kosten doorvaarbaar stuwcomplex	37
C.1	Bronnen en aanpak	37
C.2	Uitgangspunten ontwerpdata stuwen in de Maas	38

C.3	Uitgangspunten kostenraming stuw Roermond door Witteveen+Bos	38
C.4	Kostenraming verhogen sluis (alternatief nDVS+)	39
C.5	Verschillen tussen alternatieven nDVS en DVS, onzekerheden, kansen en risico's	40
C.5.1	Stap 1 review op basis kostenraming (Witteveen+Bos, 2019) en de ontwerpnota (RWS-Ontwerpt, 2019):	40
C.5.2	Stap 2 Aanvullingen RWS –Ontwerpt op resultaten review stap 1	41
C.6	Overzicht resultaten	42
D	MKBA en OTG	44

1 Aanpak economische analyse

1.1 Inleiding

1.1.1 Aanleiding

De stuwen Linne, Roermond, Belfeld, Sambeek en Grave zullen worden vervangen waarbij wordt gekeken naar de maatschappelijke meerwaarde van het doorvaarmaar maken van de stuwen voor scheepvaart tijdens hoge afvoeren. Het doorvaarmaar maken van de stuwen zal leiden tot hogere kosten van realisatie¹ en voor beheer en onderhoud (BenO). Aan de andere kant zal het leiden tot hogere baten voor de scheepvaart; tijdens hoge afvoeren zullen schepen tijdverlies² om de doorvaarbare stuwen te passeren kunnen voorkomen.

Om de beleidsbeslissing met betrekking tot de doorvaarmaarheid van de stuwen goed voor te bereiden heeft RWS-ZN met RWS-Ontwerpt vier vragen opgesteld aan het Kennisprogramma Natte Kunstwerken (KpNK). De beantwoording hiervan voor beide alternatieven is grotendeels beschreven in de systematische analyse naar de doorvaarmaarheid van de toekomstige Maasstuwen, zie (van Baaren et al, 2022). Uitzondering hierop is de beantwoording van de volgende deelvragen bij de vierde vraag met betrekking tot de kosten:

- Wat kost stilleggen scheepvaart bij hoogwater / ondergelopen sluishoofden?
- Wat kost het verhogen van de schutsluizen?
- Wat kost het om de nieuwe stuwen doorvaarmaar te maken?

1.1.2 Doelstelling

In het verlengde van de systematische aanpak voor het uitwerken van VenR opties op basis van functies en drivers in (van Baaren et al, 2022), is de eerste doelstelling van dit rapport om de resterende deelvragen van RWS-ZN en RWS-Ontwerpt te beantwoorden. Voor de uitwerking zijn deze deelvragen vertaald naar één overkoepelende onderzoeksvraag:

Wat zijn de verschillen in maatschappelijke kosten en baten (in euro's) voor de scheepvaart tussen de beide VenR-alternatieven (i.e. doorvaarbare en niet-doorvaarbare stuw) in de Maas?

De tweede doelstelling betreft de KpNK-ambitie, om voor VenR-afwegingen een effectieve en efficiënte (generieke) werkwijze aan te reiken waarin naast technische analyses ook economische analyses een plek hebben.

1.1.3 Aanpak

Vanuit de hypothese, dat het meerwaarde biedt om in een vroege fase van het VenR-besluitvormingsproces al te starten met het opstellen van een economische analyse, zijn voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag twee economische analyse uitgevoerd:

- een versimpelde economische analyse
- een gedetailleerde economische analyse

Op basis van de bevindingen wordt vervolgens een generieke werkwijze afgeleid.

¹ de kosten die zijn gemoeid met het slopen van de huidige stuw en de aanleg van de nieuwe stuw;

² i.e. de sommatie van wacht- en passeertijd;

1.2 Conclusie

1.2.1 Deelvragen RWS-ZN en RWS-Ontwerpt bij Maasstuwen

In het onderzoek is voor de praktijkcase Maasstuwen – *weliswaar in omgekeerde volgorde* – zowel een versimpelde als gedetailleerde economische analyse naar de verschillen in maatschappelijke kosten en baten tussen beide VenR-alternatieven opgesteld. Deze zijn in deze rapportage opgenomen als respectievelijk Bijlage A en Bijlage B.

Allereerst is het belangrijk te benadrukken, dat beide economische analyses een kanttekening plaatsen bij de beschikbare kostenraming³ van de alternatieven. Op dit moment worden deze nog onvoldoende geacht om een definitieve afweging te kunnen maken. Tevens is de bandbreedte van de baten in beide economische analyses erg groot.

Bij de huidige onvolledige kostenraming en met de huidige groet bandbreedte van de baten wijzen beide economische analyses in de richting, dat de voorkomen hoeveelheid tijdverlies bij doorvaarbare stuwen vanuit economisch oogpunt onvoldoende is om de extra investeringen in doorvaarbare stuwen te rechtvaardigen. **Voor getalsmatige waarden van kosten en baten (in miljoenen euro's) wordt naar de conclusies in beide analyses verwezen.**

In aanvulling op de economische analyses is in Bijlage D een toelichting op de ongewenste togebeurtenis (OTG), en hoe deze zich tot een MKBA verhoudt.

1.2.2 Generieke aanpak

Op basis van de combinatie van beide economische analyses voor de praktijkcase Maasstuwen lijkt de volgende gefaseerde werkwijze bij een VenR-afweging effectief en efficiënt:

- vroeg in het afwegingsproces een versimpelde economische analyse om sturing te geven aan de (verdiepende) technische analyses binnen de afweging;
- later een gedetailleerde economische analyse om, op basis van gerichte nadere technische analyses, de beslisinformatie voor de afweging te leveren.

Ter illustratie: Uit de versimpelde economische analyse in Bijlage A blijkt, dat in de VenR-afweging voor de Maasstuwen nadere detaillering van een aantal aspecten (zoals de prijs van een uur wachten en de aantallen schepen die de stuwen passeren) minder van invloed lijken op de baten. Daar zou minder urgentie op kunnen zitten bij een nadere detaillering. Aan de andere kant blijkt de golfduur van de stremming van de sluis een belangrijk aspect.

1.3 Bronvermelding

CPB (2022)

Macro Economische Verkenning 2022, Centraal Planbureau, 2022;

CPB-PBL (2013)

Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse, Centraal Planbureau, Planbureau voor de Leefomgeving, ISBN 978-90-5833-619-4, 2013;

Deltares (2020)

Statistiek extreme hoogwaters Rijn en Maas op basis van geschaalde KNMI'14 scenario's. Mark Hegnauer, Deltares rapport 11205237, definitief, 4 december 2020;

³ *Wel is naar voren gekomen dat doorvaarbare stuwen enkele kostenverhogende factoren hebben ten opzichte van niet-doorvaarbare stuwen, en wordt ingeschat dat de richting waarin de resultaten wijzen betrouwbaar is.*

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2013)

MIRT overzicht (2022)

Mirt Overzicht. 2022. Via <https://mirtoverzicht.nl>

RWS-Ontwerpt (2019)

Ontwerpnota Stuwen in de Maas, een verkennend ontwerp voor de stuwen Linne, Roermond, Belfeld, Sambeek;

RWS-ontwerpt (2021b)

Ontwerpnota stuwcomplex Grave. Een verkennend schetsontwerp, Baijens, M., Stefess, A., Schropp, M., Steijn, M., Belder, C., Bouras, H., Kortlever, W., Molenaar, W., Niël, L., Delbressine, R., in opdracht van RWS-ZN;

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2021)

Integrale Mobiliteitsanalyse 2021, rapportkenmerk: IENW/BSK-2021/118298;

Panteia (2021)

Onderzoek naar de economische meerwaarde van een tweede sluiscolk bij Grave voor de gehele Maascorridor. Een maatschappelijke kosten-baten analyse, Van der Geest, W., Houkes, R., de Leeuw van Weenen, R., Mol, J., Kawabata, Y., van der Geest, J.

van Baaren et al (2022)

Analyse naar de doorvaarbaarheid van de toekomstige Maasstuwen. Een systematische aanpak voor het uitwerken van VenR opties op basis van functies en drivers, 11208384-002-HYE-0001, 7 oktober 2022;

(Witteveen+Bos, 2019)

Kostenrapport , Vervangen stuwen Roermond, H. Wester, 2019;

A Versimpelde economische analyse

A.1 Inleiding

De versimpelde economische analyse in deze bijlage sluit aan bij de resterende deelvragen van de vierde vraag van RWS-ZN in (van Baaren et al, 2022), te weten:

- Wat kost stilleggen scheepvaart bij hoogwater / ondergelopen sluishoofden?
- Wat kost het verhogen van de schutsluizen?
- Wat kost het om de nieuwe stuwen doorvaarbaar te maken?

Deze deelvragen worden beantwoord in een economische analyse gericht op de overkoepelende onderzoeksvraag: *wat zijn de verschillen in maatschappelijke kosten en baten (in euro's) tussen doorvaarbare en een niet-doorvaarbare stuwen in de Maas?*

A.2 Aanpak

De verschillen in maatschappelijke kosten en baten tussen doorvaarbare en niet-doorvaarbare stuwen in de Maas komen naar voren in de mate waarin beide alternatieven de (gebruiks-)functies faciliteren. De voorliggende economische analyse beperkt zich tot de functie vlot en veilig scheepvaartverkeer, waarbij de focus ligt op de verschillen voor 4 stuwen⁴ (Roermond, Belfeld, Sambeek en Grave) in kosten en baten voor de scheepvaart tussen beide alternatieven wat betreft het aspect doorvaarbaarheid van de stuwen. De economische analyse maakt gebruik van de technische analyses met betrekking tot afvoerhydrologie en scheepvaart zoals die zijn gerapporteerd in (van Baaren et al, 2022). In de economische analyse worden verder de principes gebruikt zoals die zijn beschreven in (CPB-PBL, 2013). In de analyse worden de volgende uitgangspunten gebruikt:

- Gebruikte discontovoet voor kosten is 1,6 % en voor baten 2,25 %, conform de richtlijnen van het steunpunt economie van RWS⁵.
- Zichtperiode voor de infrastructuur; 100 jaar.
- De alternatieven zijn alleen geanalyseerd op verschillen in doorvaarbaarheid voor de scheepvaart.
- Er wordt geen differentiatie gemaakt naar scheepstypen en -klassen, er wordt gebruik gemaakt van een “gemiddeld” schip.
- De kosten van een uur wachttijd is berekend aan de hand van de waarden van het KIM en bedragen €118 per uur voor de scheepvaartmix op de Maas.
- Alle prijzen inclusief BTW.
- Kosten voor BenO voor beide alternatieven zijn 2% van de investering.
- Alle kosten en baten in constante prijzen 2022.
- Veranderingen in baten tussen het basisjaar 2026, 2050 en 2085 worden lineair genomen.
- De aanname is dat alle investering worden gedaan in jaar 0 (2026).

Om een zinvolle vergelijking te maken worden kosten en in geld kwantificeerbare baten op verschillende tijden gedurende de zichtperiode via de contante waarde (CW) teruggerekend naar het basisjaar.

⁴ “stuw Linne is wel meegenomen in de analyse van de hydrologie, hoewel deze stuw in de huidige situatie niet passeerbaar is vanwege een beperkte doorvaarthoogte door een fietsbrug over de Maas en het passeerbaar maken niet wordt overwogen vanwege de stroming benedenstrooms van de stuw”;

⁵ (<https://www.rwseconomie.nl/>)

A.3 Kosten

De gedetailleerde economische analyse (zie Bijlage B) maakt gebruik van de ramingen voor realisatie en BenO die door RWS-ontwerp ter beschikking zijn gesteld. Bij de nadere beschouwing van de kostenraming is een aantal posten toegevoegd voor beide ontwerpen, waardoor de verschillen in kosten voor realisatie zijn toegenomen. Echter, bij de berekening van de kosten voor BenO, welke gebaseerd zijn op een percentage van de investeringskosten, is geen toename van deze kosten berekend.

Voor de versimpelde economische analyse is aangenomen dat kosten voor BenO voor de twee alternatieven worden bepaald door een jaarlijks bedrag ter grootte van 2% van de investeringskosten te nemen, aangezien er op dit moment geen informatie is over de daadwerkelijke overeenkomsten en/of verschillen voor kosten van BenO van de twee alternatieven. De kosten voor BenO worden in de versimpelde economische analyse verdisconteerd met een percentage van 1,6%⁶.

Tabel 1: Realisatie, beheer- en onderhoudskosten voor doorvaarbare of niet doorvaarbare stuw prijspeil 2022

Alternatief	Investeringskosten (€ miljoen)	Kosten BenO (€ miljoen)	Totaal/Stuw (€ miljoen)	Totaal 4 stuwen (€ miljoen)
Doorvaarbare stuw	92,9	77,4	170,3	681
Niet doorvaarbare stuw	71,1	59,2	130,3	521

Het kostenverschil tussen een doorvaarbare en een niet-doorvaarbare sluis is volgens deze berekening dus € 40 miljoen. De totale investering voor het doorvaarbbaar maken van de vier stuwen geeft dus een verschil in kosten van € 160 miljoen.

A.4 Kwantificering van de baten

A.4.1 Hydrologie

In eerder genoemd rapport zijn er twee alternatieven beschreven voor de uitvoering van de vier stuwen in de Maas die worden vervangen:

- een doorvaarbare variant, die een snellere doorvaart geeft voor schepen bij debieten boven het strijkdebiet van de stuwen en
- een niet doorvaarbbaar alternatief, waarbij er bij strijken gebruik moet worden gemaakt van de sluisen van de stuwcomplexen en waar bij het bereiken van het maximum schutpeil er geen doorvaart meer mogelijk is en er wachttijd optreedt voor de scheepvaart.

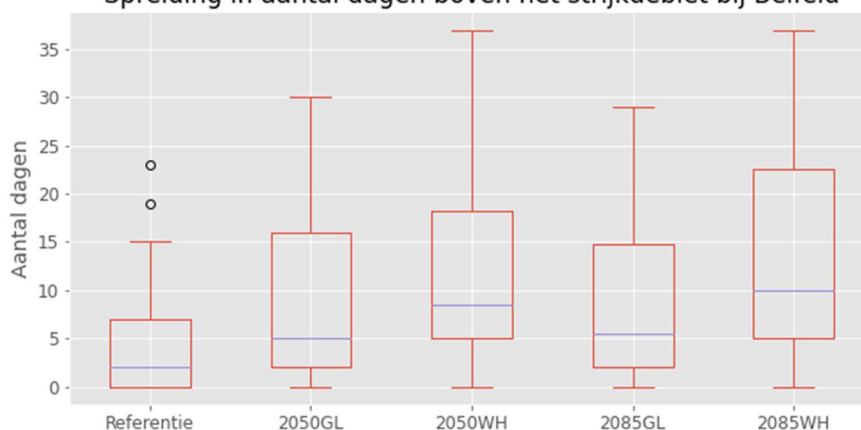
Error! Not a valid bookmark self-reference. laat zien dat de stuw bij Belfeld de meest beperkende factor is in de route van Roermond via Belfeld en Sambeek naar Grave. Voor de analyse van de kosten en baten voor de scheepvaart op deze route wordt gebruik gemaakt van de doorvaartmogelijkheden bij Belfeld. Bij de analyse is niet alleen het totaal aantal dagen dat een stuw doorvaarbbaar is (en de sluis niet) betrokken, maar ook hoelang een aaneensluitende periode van beperkingen duurt. Het rapport geeft hiervoor de volgende resultaten in het Figuur 4 en Figuur 5.

⁶ De baten worden verdisconteerd met een percentage van 2,25%, beide percentages volgens de voorschriften van [rwseconomie.nl](http://www.rwseconomie.nl);

Tabel 2: Doorvaartmogelijkheden per complex voor verschillende klimaatscenario's in aantal dagen per jaar

stuw-complex	Referentie			2050GL			2050WH			2085GL			2085WH		
	stuw gestreken	sluis gestremd	rivier niet bevaarbaar	stuw gestreken	sluis gestremd	rivier niet bevaarbaar	stuw gestreken	sluis gestremd	rivier niet bevaarbaar	stuw gestreken	sluis gestremd	rivier niet bevaarbaar	stuw gestreken	sluis gestremd	rivier niet bevaarbaar
Grave	1,3	0,5	0,2	2,3	0,9	0,3	3,6	1,6	0,6	2,7	1,3	0,5	4,4	1,8	0,8
Sambeek	2,0	1,3	0,2	4,2	2,2	0,3	6,0	3,4	0,6	4,5	2,5	0,5	7,2	4,1	0,8
Belfeld	4,9	3,6	0,2	8,7	6,9	0,3	11,7	9,2	0,6	8,8	7,1	0,5	13,7	10,7	0,8
Roermond	4,1	3,0	0,2	7,5	5,9	0,3	10,3	7,7	0,6	7,8	6,1	0,5	11,9	9,3	0,8

Spreiding in aantal dagen boven het strijkdebiet bij Belfeld



Figuur 1: Spreiding van het aantal dagen per jaar boven het strijkdebiet in Belfeld voor de verschillende scenario's met daarin de mediaan (paarse lijn), 1^e en 3^e kwartiel (oranje box), minimum⁷ en maximum⁸ (oranje verticale lijnen) en uitschieters⁹ (rondjes)

Uit deze figuren blijkt dat bij het stuwcomplex Belfeld de mediaan van het aantal dagen per jaar boven strijkdebiet toeneemt van 3 dagen in de referentie tot 10 dagen in het klimaat-scenario 2085WH, terwijl de mediaan van de golfduur (zie Figuur 5) constant is met 4 dagen. Wel neemt de bandbreedte toe in de tijd tussen de referentie en het scenario 2085WH.

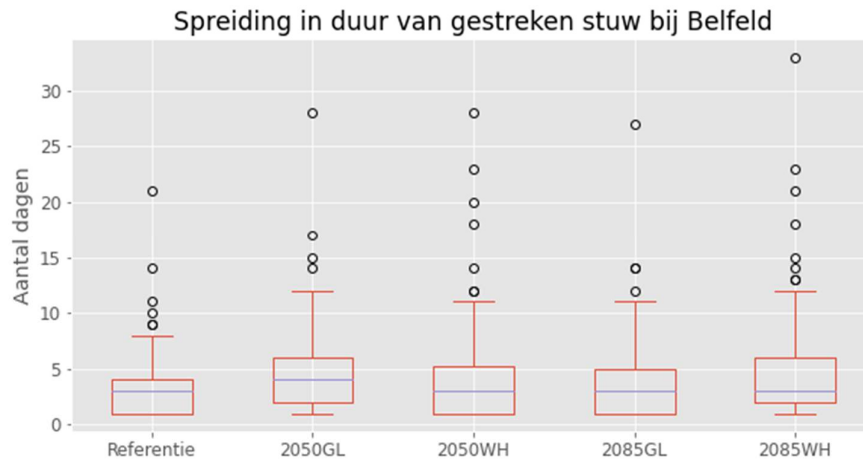
In de analyse maken we gebruik van het gemiddelde aantal dagen per jaar zoals gepresenteerd in Error! **Not a valid bookmark self-reference.** laat zien dat de stuw bij Belfeld de meest beperkende factor is in de route van Roermond via Belfeld en Sambeek naar Grave. Voor de analyse van de kosten en baten voor de scheepvaart op deze route wordt gebruik gemaakt van de doorvaartmogelijkheden bij Belfeld. Bij de analyse is niet alleen het totaal aantal dagen dat een stuw doorvaarbaar is (en de sluis niet) betrokken, maar ook hoelang een aaneensluitende periode van beperkingen duurt. Het rapport geeft hiervoor de volgende resultaten in het Figuur 4 en Figuur 5.

⁷ 'minimum' = $Q1 - 1.5 * IQR$ ($IQR = Q3 - Q1$)

⁸ 'maximum' = $Q3 + 1.5 * IQR$

⁹ waarden die buiten kwantiel range vallen ($> Q3 + 1.5 * IQR$)

Tabel 2 voor het totaal aantal dagen, en van een golfduur van 4 dagen conform de analyse uit Figuur 5. In de gevoeligheidsanalyse gebruiken we ook de 25%- en 75%-percentielen uit de figuren.



Figuur 2: Spreiding van de duur van de gebeurtenis 'gestreken stuw' voor stuwcomplex Belfeld in de verschillende scenario's met daarin de mediaan (paarse lijn), 1^e en 3^e kwartiel (oranje box), 'minimum' en 'maximum' (oranje verticale lijnen) en uitschieters (rondjes)

A.4.2

Scheepvaart

Voor het aantal passages op de route Roermond – Grave is uitgegaan van het aantal passages bij het complex van Belfeld zoals gepresenteerd in (van Baaren et al, 2022). Deze getallen uit de periode 1967 – 2008 zijn geactualiseerd naar 2026 en naar 2050. Vanaf 2050 is er in de analyse geen toename in aantal scheepspassages meegenomen. De resultaten voor de verschillende zichtjaren staan in Tabel 3.

Normaal (S0)	Schepen moeten door de sluis (zowel voor doorvaarbare als niet doorvaarbare stuw)
Stuw gestreken (S1)	Schepen kunnen door de stuw heen varen (bij doorvaarbare stuw). Bij niet doorvaarbare stuw moeten schepen nog steeds door de stuw.
(S1b)	Het lijkt dat de stuw eerder wordt gestreken dan de "officiële" grenswaarde, waardoor er dus meer dagen door de stuw kan worden gevaren. Dit lijkt ook te gelden voor schepen van klasse < 5a
Sluis gestremd (S2)	Schepen moeten door de stuw (doorvaarbare stuw), of stoppen met varen (niet doorvaarbare stuw). Een percentage van de schepen zullen ook bij een doorvaarbare stuw stoppen met varen, er lijkt hierbij een onderscheid te zijn tussen schepen klasse > = 5a en < 5a
Vaarweg gestremd (S3)	Er wordt niet meer gevaren voor beide alternatieven

Tabel 3: Aantal passages per dag bij Belfeld onder verschillende omstandigheden in 2026 en 2050WH

	Totaal aantal passages	
	(ref 2026)	(2050WH)
S0	68,8	84,7
S1	49,5	60,9
S1b	65,1	80,2
S2	39,5	48,6

A.5 Kosten Baten Analyse voor de scheepvaart

Gebaseerd op de hydrologische data en het aantal schepen dat er passeren kan er een inschatting worden gemaakt van de baten van een doorvaarbare stuw. Deze baten bestaan uit de verminderde wachttijd van schepen die gebruik maken van de stuw (*in geval van stremming van de sluis*) en de snellere passage van de schepen die door de stuw kunnen varen (*op het moment dat de stuw gestreken is en de sluis nog niet gestremd*).

De baten van verminderde wachttijd bij stremming van de sluis zijn afhankelijk van de duur van stremming van de sluis. In Tabel 4 staat de wachttijd gegeven per stremmingsduur bij passage van één schip per dag. De economische analyse maakt een baten berekening bij de duur van 4 dagen, de mediaan, en bij een golfduur van 2 en 7 dagen, respectievelijk het 25%- en het 75%-percentiel van de modeluitkomsten.

Tabel 4: Totale wachttijdstijd van alle boten samen per gebeurtenis bij 1 passage/dag. Waarbij uitgegaan is van een maximale wachttijd per schip van 12uur/dag

	Wachttijd per schip							Totale wachttijd per gebeurtenis
	1	2	3	4	5	6	7	
Duur hoogwatergolf [dagen]	1	6						6
	2	18	6					24
	3	30	18	6				54
	4	42	30	18	6			96
	5	54	42	30	18	6		150
	6	66	54	42	30	18	6	216
	7	78	66	54	42	30	18	6

De baten van een snellere passage van het sluis/stuw complex bedragen gemiddeld 45 minuten per schip; 58 minuten voor passage van het complex via de sluis en gemiddeld 13 minuten met een passage via de stuw (van Baaren et al, 2022).

Voor de berekening van de baten per jaar van het doorvaren via de stuw wanneer de sluis gestremd is wordt gebruik gemaakt van de volgende formule:

$$\text{Baten}|S2 = \text{SG/GD} * \text{WT} * \text{AS} * \text{PS} \quad (\text{F1})$$

waarbij;

SG = Gemiddeld aantal dagen sluis gestemd per jaar

GD = Mediaan van de duur van de golf in dagen¹⁰

WT = Totale wachttijd alle schepen bij mediane golfduur in uur bij 1 schip/dag

AS = Gemiddeld aantal passages per dag

PS = Prijs wachttijd per schip per uur

¹⁰ (van Baaren et al, 2022) geeft geen gemiddelde duur van de hoogwatergolf, daarom nemen we hier de waarde van de mediaan;

Daarnaast zijn er nog baten door het kunnen passeren van de stuw terwijl de sluis ook operationeel is. De formule voor de berekening van deze baten is:

$$\text{Baten|S1} = (\text{DS} - \text{SG}) * (\text{AS} * \text{PP}) * \text{TB} * \text{PS} \quad (\text{F2})$$

waarbij;

DS = Gemiddelde aantal dagen boven strijkdebet per jaar

SG = Gemiddeld aantal dagen sluis gestemd per jaar

TB = Tijdsbesparing per passage per schip (45 minuten is gelijk aan 0,75 uur)

PS = Prijs wachttijd per schip per uur

AS = Gemiddeld aantal passages per dag¹¹

PP = Percentage schepen dat door de stuw vaart

In deze analyse veronderstellen we de maximale baten voor de scheepvaart op het traject Roermond – Grave optreden wanneer er geen wachttijden meer zijn en wanneer dus alle stuwen doorvaarbaar zijn, zodat optimaal gebruik kan worden gemaakt van tijdsbesparingen bij de passage van alle complexen op het traject. In de Tabel 5 staan de uitkomsten voor de jaarlijkse baten wanneer de gemiddelde en mediaan waarden worden gebruikt.

Tabel 5: Contante Waarde van de baten bij 4 doorvaarbare stuwen met de gemiddelde waarden uit de modelberekeningen

	2026	2050WH	2085WH
DS [dagen/jaar]	4,9	11,7	13,7
SG [dagen/jaar]	3,6	9,2	10,7
GD [dagen/golf]	4	4	4
WT [uur/boot]	96	96	96
AS [# /dag]	39,5	48,6	48,6
PS [Euro/uur]	€ 118	€ 118	€ 118
TB [uur]	0,75	0,75	0,75
# stuwen	4	4	4
PP [%]	49,5	60,9	?
Jaarlijkse baten niet wachten	€ 402.710	€ 1.266.244	€ 1.472.697
Jaarlijkse baten snellere passage	€ 5.695	€ 13.474	€ 16.169
CW van de baten voorkomen tijdverlies over 100 jaar	€ 42,6 miljoen		

Om de gevoeligheid van de resultaten te onderzoeken voor meer of minder toenames in de afvoerdebeten is de analyse ook gedaan met de 25%- respectievelijk 75%-percentiel uitkomsten van de modellering. Hierbij is bij de analyse van het 75%-percentiel tevens het percentage schepen dat door de stuw vaart op het moment van een debiet boven het strijkdebet komt op 95% in plaats van 75% van het normaal aantal schepen dat passeert. In Tabel 6 en Tabel 7 staan de jaarlijkse baten bij gebruik van de waarden van het 25%- respectievelijk het 75%-percentiel. Baten van een snellere passage wanneer de stuw gestreken is en de sluis passeerbaar zijn niet meegenomen.

¹¹ De scheepvaartanalyse in Baaren et al (2022) geeft dat ongeveer 25% van het totaal aantal schepen dat normaal door de sluis vaart stopt met varen wanneer het debiet op de Maas boven het strijkdebet komt, in de gevoeligheidsanalyse met het 75% percentiel gaan we uit van maar 5% verminderde scheepvaart.

Tabel 6: Contante Waarde van de baten bij 4 doorvaarbare stuwen met het 25% percentiel waarden uit de modelberekeningen

	2026	2050WH	2085WH
SG [dagen/jaar]	2	5	5
GD [dagen/golf]	2	3	3
WT [uur/boot]	24	54	54
AS [# /dag]	39,5	48,6	48,6
PS [Euro/uur]	€ 118	€ 118	€ 118
TS [uur]	0,75	0,75	0,75
Jaarlijkse baten niet wachten	€ 111.864	€ 516.132	€ 516.132
Jaarlijkse baten snellere passage			
CW van de baten voorkomen tijdverlies over 100 jaar	€ 26,6 miljoen		

Tabel 7: Contante Waarde van de baten bij 4 doorvaarbare stuwen met het 75% percentiel waarden uit de modelberekeningen

	2026	2050WH	2085WH
SG [dagen/jaar]	7	18	23
GD [dagen/golf]	5	6	7
WT [uur/boot]	150	216	294
AS [# /dag]	39,5	48,6	48,6
PS [Euro/uur]	€ 118	€ 118	€ 118
TS [uur]	0,75	0,75	0,75
Jaarlijkse baten niet wachten	€ 978.810	€ 3.716.150	€ 5.539.817
Jaarlijkse baten snellere passage			
CW van de baten voorkomen tijdverlies over 100 jaar	€ 130,8 miljoen		

Uit de tabellen blijkt dat de baten van het alternatief met doorvaarbare stuwen een bandbreedte hebben van € 27 – 131 miljoen met een gemiddelde waarde van 43 miljoen. De extra kosten die nodig zijn om de 4 stuwen doorvaarbbaar te maken is € 160 miljoen, zodat de kosten voor het doorvaarbbaar maken significant hoger zijn dan de baten. Hierbij wel de opmerking dat de kostenraming van de alternatieven op dit moment nog onvoldoende is om een definitieve keuze voor één van de alternatieven te onderbouwen.

In (van Baaren et al, 2022) zijn geen varianten onderzocht. Zo zou een variant, waarbij alleen de stuw van Belfeld doorvaarbbaar wordt uitgevoerd een grote belemmering voor de scheepvaart weg kunnen nemen, waarbij reeds een groot deel van de baten worden gerealiseerd. Uit de Error! **Not a valid bookmark self-reference.** laat zien dat de stuw bij Belfeld de meest beperkende factor is in de route van Roermond via Belfeld en Sambeek naar Grave. Voor de analyse van de kosten en baten voor de scheepvaart op deze route wordt gebruik gemaakt van de doorvaartmogelijkheden bij Belfeld. Bij de analyse is niet alleen het totaal aantal dagen dat een stuw doorvaarbbaar is (en de sluis niet) betrokken, maar ook hoelang een aaneensluitende periode van beperkingen duurt. Het rapport geeft hiervoor de volgende resultaten in het Figuur 4 en Figuur 5.

Tabel 2 blijkt dat het doorvaarbbaar maken van de stuw bij Belfeld tot ongeveer 50 % van de baten kan leiden, terwijl er dan maar 1 stuw doorvaarbbaar hoeft te worden gemaakt. Wel lijkt de kostenraming nog niet helemaal compleet, met name kosten voor BenO van de alternatieven lijken nog niet goed onderbouwd, hetgeen nog tot andere inzichten kan leiden in de economische afweging tussen de alternatieven.

A.6 Conclusies

De economische analyse laat zien dat de baten van het doorvaarbbaar maken van de vier stuwen, met € 42 miljoen, veel lager zijn dan de extra kosten van € 160 miljoen. Wel moet hierbij de reservering gelden dat de kosten berekeningen van de alternatieven op dit moment nog onvoldoende is om een definitieve afweging te kunnen maken. Tevens is de bandbreedte van de baten met baten tussen de € 27 miljoen en € 131 miljoen erg groot. Een nadere analyse van kosten en baten kan bijdragen tot het verkleinen van de bandbreedte. Ook zou het onderzoeken van varianten waarbij niet alle stuwen doorvaarbbaar worden aangelegd in een significante verbeterde inschatting van de economische haalbaarheid kunnen resulteren.

N.B. Het alternatief van de sluisverhoging is in de versimpelde economische analyse niet meegenomen, mede omdat de kostenraming onvoldoende is uitgewerkt en de baten minder zullen zijn dan die voor een doorvaarbbaar stuw.

Bij de batenberekening voor de scheepvaart met het 75%-percentiel van debiet boven het strijkdebiet en golfduur is geen rekening gehouden met het feit dat bij toenemende duur van de golf ook het aantal dagen dat de rivier niet bevaarbbaar is zal toenemen, en dus ook de baten voor de scheepvaart zullen afnemen.

A.7 Discussie/aandachtspunten

Uit deze economische analyse blijkt dat sommige aspecten belangrijker zijn in de resultaten dan andere aspecten. Zo is de golfduur van de stremming van de sluis een belangrijk aspect. Sowieso worden de baten van een doorvaarbbaar sluis met name gevonden in de mogelijkheid om het stuw/sluis-complex te passeren op het moment dat de sluis gestremd is. Het precieze aantal schepen of de precieze prijs van een uur wachten zal slecht van geringe invloed zijn. Nadere detaillering van een aantal aspecten (zoals prijs van een uur wachten en de aantallen schepen die passeren) lijken dus minder van invloed op de baten en er is dus minder urgentie bij een nadere detaillering. Verder nog de volgende aandachtspunten:

- De bandbreedte van de baten is met € 27 – € 131 miljoen erg groot. Een verbetering van de nauwkeurigheid van de voorspelling van aantal dagen boven strijkdebiet en golfduur kan de nauwkeurigheid van de economische analyse verbeteren (of bandbreedte van de gevoeligheid verminderen).
- De kosten van de twee beschouwde VenR-alternatieven lijken nog niet voldoende uitgewerkt om een correcte kosten-baten analyse te kunnen doen.
- Er wordt nu helemaal niet gekeken naar andere prestaties (of baten) van de stuw/sluis complexen; zouden we hier niet ook een inventarisatie moeten maken welke diensten en/of prestaties dat kunnen zijn?
- Hetzelfde geldt voor het analyseren van andere VenR-alternatieven, zowel in de uitvoering van de stuwen (bv rivierdam) als het ontwerp van de vier stuw-/sluis-complexen, bv alleen Belfeld doorvaarbbaar, of twee stuwen wel en twee stuwen niet doorvaarbbaar.

B Gedetailleerde economische analyse

B.1 Doelstelling

Naar aanleiding van vraag 4 van RWS ZN/RWS-Ontwerpt in (van Baaren et al, 2022) wordt in dit hoofdstuk een gedetailleerde economische analyse uitgewerkt om de globale verschillen in kosten en baten tussen de Doorvaarbare stuw en de niet Doorvaarbare stuw voor vervanging van stuwen in de Maas te duiden. Deze gedetailleerde economische analyse richt zich alleen op de in geld kwantificeerbare delen van de functie vlot en veilig vaarwegverkeer (punten 5 en 6 uit).

In de economische onderbouwing wordt dus het verschil in kosten en baten voor de scheepvaart tussen een doorvaarbare en niet-doorvaarbare stuw beschouwd:

- Verschillen in kosten worden gezocht in de realisatiekosten¹² en de beheer- en onderhoudskosten die de alternatieven met zich meebrengen.
- Verschillen in baten voor de scheepvaart zullen optreden door een verschil in tijdsverlies, dat afhankelijk is van de mate waarin het stuwcomplex bij hoogwater passeerbaar voor schepen is (zie Figuur 3 en beschrijving Paragraaf B.2.1).

In de conclusies in Paragraaf B.5 wordt nagegaan hoe dit verschil in baten voor de scheepvaart (uitgedrukt in euro's) zich verhoudt tot de meerkosten voor de aanleg.

In deze gedetailleerde economische analyse worden zoveel mogelijk de richtlijnen van een maatschappelijke kosten en baten analyse (MKBA) gevolgd (CPB-PBL. 2013). Hierbij worden de volgende afbakeningen¹³ gebruikt:

- In de analyse wordt, conform de opdracht en zoals eerder aangegeven, alleen met de in geld kwantificeerbare baten voor de scheepvaart¹⁴ gerekend.
- Gebruikelijk in een MKBA is een referentie-alternatief. Hier bij de Maasstuwen is geen sprake van een referentie-alternatief waar '*niets doen met behoud bestaande stuw*' een optie is; de beschouwde stuwen hebben hun technische levensduur bereikt en moeten vervangen worden.

B.2 Methode economische analyse scheepvaart

B.2.1 De gedachtegang

Voor de kwantificering van de baten voor de scheepvaart zijn in de uitwerking de verschillen in functionele prestatie tussen de alternatieven voor de nieuwe stuw in de stuwcomplexen vertaald naar tijdsverlies voor de scheepvaart (in termen van wacht- en passeertijden).

Het voorkomen van tijdsverlies voor de scheepvaart bij een doorvaarbare stuw is tweeledig:

- Bij hoogwater door de sluis gaan kost meer wacht- en passeertijd dan door de gestreken stuw te varen. Bij een doorvaarbare stuw kan een schip dan dus tijdverlies voorkomen (t.o.v. een niet-doorvaarbare stuw) door niet door de sluis te varen.

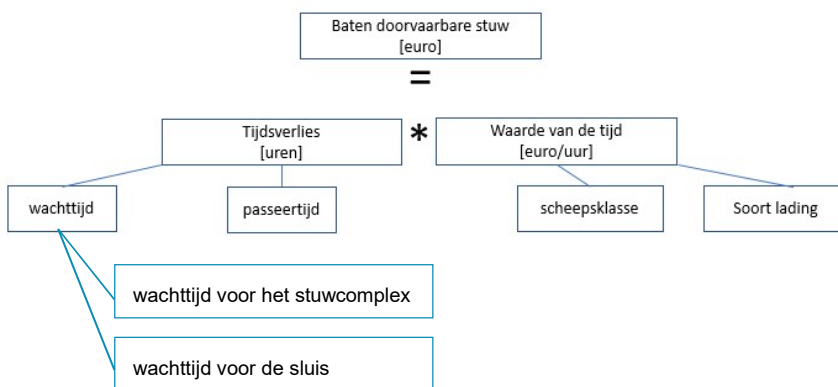
¹² de kosten die zijn gemoeid met het slopen van de huidige stuw en de aanleg van de nieuwe stuw;

¹³ in het kader van kennisopbouw en -ontsluiting in het KpNK heeft de praktijkcase deze invulling gekregen;

¹⁴ een MKBA houdt niet alleen rekening met de financiële gevolgen (hier: voor een enkele stakeholder) van alternatieven, zoals verschil in aanleg- en beheerkosten, maar ook met andere mogelijke baten;

- Daarnaast is bij toenemende waterstand, vanaf het moment dat de sluis is ondergelopen en wordt gestremd, een stuwcomplex met een doorvaarbare stuw nog steeds voor schepen te passeren. Ook dit voorkomt tijdsverlies (i.v.m. wachten).

De baten voor de scheepvaart worden in lijn met Figuur 3 bepaald uit het verschil in tijdverlies tussen de alternatieven met een doorvaarbare en een niet-doorvaarbare stuw.



Figuur 3: Schematische weergave van de baten voor de scheepvaart op basis van voorkomen tijdsverlies

Het tijdverlies bij een stuwcomplex met een nieuwe stuw bestaat dus uit drie onderdelen:

1. Wachtijd voor het stuwcomplex. Tussen het debiet behorende bij het maximum schutpeil en het debiet waarbij de rivier niet meer bevaarbaar is kunnen schepen bij een doorvaarbare stuw kiezen om via het stuwkanaal het stuwcomplex te passeren. Dit verkleint de wacht- en passeertijd fors ten opzichte van een niet-doorvaarbare stuw (waarin de scheepvaart dan immers is gestremd). Dan moeten schepen voor één complex wachten. In de analyse is verondersteld dat een schip bij het volgende stuwcomplex dan geen stremming meer ondervindt, aangezien het rivierpeil daar weer gezakt zal zijn. Belfeld is hierin leidend, omdat voor Belfeld als eerste het maximum schutpeil optreedt. De wachtijd bij Belfeld geldt dus als de totale wachtijd voor de gehele vaarroute (i.e. 'one-out-all-out' regel).
2. Wachtijd voor de sluis. Bij het overschrijden van het strijkdebiet passeert een deel van de schepen volgens de data het stuwcomplex niet. De data van de afgelopen 18 jaar laat wel zien dat de scheepvaartintensiteit afneemt als de afvoer toeneemt. Voor Belfeld is deze afname van scheepvaartintensiteit circa 25%. Hiervoor is – ook in de expert interviews, zie Paragraaf 6.4 van (van Baaren et al, 2022) – geen eenduidige oorzaak gevonden. In de economische analyse scheepvaart is voor alle alternatieven aangenomen dat deze schepen wachten tot de hoge afvoer voorbij is, en dan alsnog het stuwcomplex passeren. Dit aandeel aan de totale wachtijd is dus voor alle alternatieven gelijk.
3. De duur van het hogere debiet dat schippers doet besluiten te wachten is van grote invloed op de totale wachtijd per gebeurtenis. In aanvulling op de originele rapportage is dat aspect uitgewerkt in deze rapportage. De gemiddelde duur van een hoogwater golf is met modellen vastgesteld en meegenomen in de batenanalyse.
4. Passeertijd. Bij het bereiken van het strijkdebiet moeten schepen voor het alternatief niet-doorvaarbare stuw het stuwcomplex via de sluis passeren. Bij een doorvaarbare

stuw kan het schip voor de stuw kiezen. Een schip dat een stuwcomplex door de sluis passeert, is geacht ook bij de andere complexen via de sluis het stuwcomplex te passeren. Voor alle vier de complexen geldt dezelfde wachttijd en passeertijd.

De baten voor de scheepvaart van het doorvaarbaar maken van de stuw bij hoogwater kunnen uit de analyses in de voorgaande hoofdstukken worden afgeleid. Daartoe zijn in Hoofdstuk 5 van (van Baaren et al, 2022) al de aantallen stuw- en sluispassages bij hoogwater onder de verschillende toekomstscenario's berekend op basis van data-analyse. Aan de hoeveelheid tijdsverlies wordt vervolgens, met informatie over de scheepsklasse en lading, een waarde in euro's gegeven. Dan worden per alternatief de tijdsverliezen (uitgedrukt in euro's) voor alle in de toekomst verwachte passages per jaar gesommeerd. Het verschil tussen de sommatie per alternatief geeft de maatschappelijke waarde aan van het tijdsverlies dat wordt voorkomen.

Als de maatschappelijke waarde van het voorkomen tijdsverlies hoger is dan de meerkosten voor de realisatie-, beheer en onderhoud van een doorvaarbare stuw, dan zijn de baten hoger dan de kosten van de investering. De investering in een duurdere (doorvaarbare) stuw is dan rendabel.

B.2.2 Uitgangspunten en aannames

Uitgangspunten

De effecten op de scheepvaart van een doorvaarbare of niet-doorvaarbare stuw worden bepaald over een zichtperiode van 100 jaar. Kosten en baten vallen zelden precies gelijk in de tijd, maar zijn verspreid over de zichtperiode. Om een zinvolle vergelijking te maken wordt hun waarde teruggerekend naar het basisjaar. Hiervoor wordt de netto-contante-waarde methode (NCW) gebruikt.

Omdat het gaat om het vervangen van vijf stuwcomplexen, kent het een lange investeringsperiode en getrapte ingebruikname. Baten ontstaan vanaf het jaar dat de laatste stuw op de vaarroute wordt opgeleverd (2034). De investeringsperiode wordt geschat op 8 jaar. Als basisjaar is gekozen het jaar waarin begonnen wordt met de bouwactiviteiten van de eerste stuw (2026). Vanaf het basisjaar worden realisatie-, beheer- en onderhoudskosten zowel als de kosten voor ieder alternatief geprojecteerd over een periode van honderd jaar: 2026-2125.

Er wordt gerekend met vaste prijzen waarin het prijspeil voor 2022 is aangehouden. Er wordt een discontovoet toegepast over de zichtperiode, waarmee de verwachte kosten en baten in de toekomst naar het basisjaar worden teruggerekend (conform de laatste aanbevelingen van de Werkgroep Discontovoet).

Tabel 8: Parameters in de economische analyse scheepvaart

Parameter	Waarde	Toelichting
Zichtperiode	100 jaar	Kosten en baten over 100 jaar tellen mee
Basisjaar	2026	Jaar van aanvang realisatie
Zichtjaren	2018, 2050, 2085	
Prijspeil	2022	Constante prijzen inclusief BTW (geen correctie voor inflatie)
Discontovoet	2,25%	Standaardwaarde, Werkgroep Discontovoet*

* zie www.rwseconomie.nl

In lijn met de MKBA-methodiek worden kosten en baten berekend onder verschillende socio-economische groeiscenario's. Daartoe wordt gebruik gemaakt van de relatie tussen de Deltascenario's RUST en STOOM met respectievelijk de klimaatscenario's GL en WH en de bijbehorende modelberekeningen voor de doorvertaling van de afvoeren op de verschillende stuwcomplexen naar 2050 en naar 2085, zie Paragraaf 4.2.2 van (van Baaren et al, 2022). In het vervolg worden alleen de klimaatscenario's GL en WH genoemd.

Tevens is op basis hiervan in Hoofdstuk 5 van (van Baaren et al, 2022) het aantal dagen en aantal schepen per CEMT-klasse, die door de stuw vaart of wacht tot het complex passeerbaar is, beschreven. In de economische berekeningen wordt er rekening mee gehouden dat sommige schepen er voor kiezen niet te varen zodra het strijkdebiet is bereikt. Uitgaande van een stabiel daggemiddelde ('normale situatie') wordt het aantal wachtende schepen bij hoogwater gevonden door hier het aantal passerende schepen via de sluis en de stuw ('situatie bij hogere afvoeren') van af te trekken.

Voor bijvoorbeeld Belfeld is in Tabel 6-1 van (van Baaren et al, 2022) het aandeel kleinere schepen dat verkiest bij het strijkdebiet niet te varen gelijk aan het aantal van 18,9 in kolom (B) minus het aantal van 13,9 in kolom (C), hetgeen een afname betekent van iets meer dan 25% van alle kleinere schepen die het stuwcomplex willen passeren.

Aannames

In de gedetailleerde economische analyse zijn verder de volgende aannames gedaan:

- Aantal dagen gestreken stuw. Voor de economische analyse is het aantal dagen dat de stuw gestreken is nodig voor een reeks van 100 jaar (de zichtperiode). Deze reeks wordt, verwijzend naar tabellen in (van Baaren et al, 2022), opgebouwd door:
 - Het theoretisch aantal dagen per jaar is gebaseerd op de aangenomen strijkdebieten¹⁵ en de waterstanden waarbij schutten gestaakt wordt.
 - Startpunt is de historische data voor het gemiddelde aantal dagen per jaar dat de stuw theoretisch is gestreken in referentiejaar 2018, zie Tabel 5-2.
 - Op basis van klimaatscenario's is de verandering in het aantal dagen bepaald voor 2050 en 2085 voor de klimaatscenario's GL en WH (zie Hoofdstuk 5.4). Er wordt lineair geïnterpoleerd tussen 2018 en 2050, tussen 2050 en 2085. Deze laatste trend wordt in het vervolg van de zichtperiode doorgezet met een lineaire extrapolatie na 2085 tot 2125 (zie Tabel 5-6).
 - Op deze wijze wordt per jaar het aantal dagen vastgesteld voor het gestreken zijn van de stuw, het gestremd zijn van de sluis en het gestremd zijn van de vaarweg.
 - Daarnaast is de duur van de maatgevende hoogwater gebeurtenis van belang; hoelang wordt de stuw gestreken per hoogwatergebeurtenis, de sluis eventueel gestremd en de vaarweg gestremd. Deze informatie is gemodelleerd en geïnterpoleerd over de zichtperiode.

De getallen uit Tabel 6-1, Tabel 6-3, Tabel 6-5 en Tabel 6-6 van (van Baaren et al, 2022) zijn gebruikt om tot het overzicht in Tabel 9 te komen waarin DVS = doorvaarbare stuw, nDVS = niet-doorvaarbare stuw en nDVS+1,0m = niet-doorvaarbare stuw met een sluisverhoging van 1,0 m.

N.B. Het alternatief met sluisverhoging van 0,5 m is niet in de analyse van de baten voor de scheepvaart betrokken, aangezien deze baten duidelijk lager zullen zijn dan een sluisverhoging van 1,0 m en de bouwkosten niet significant lager (Paragraaf 0).

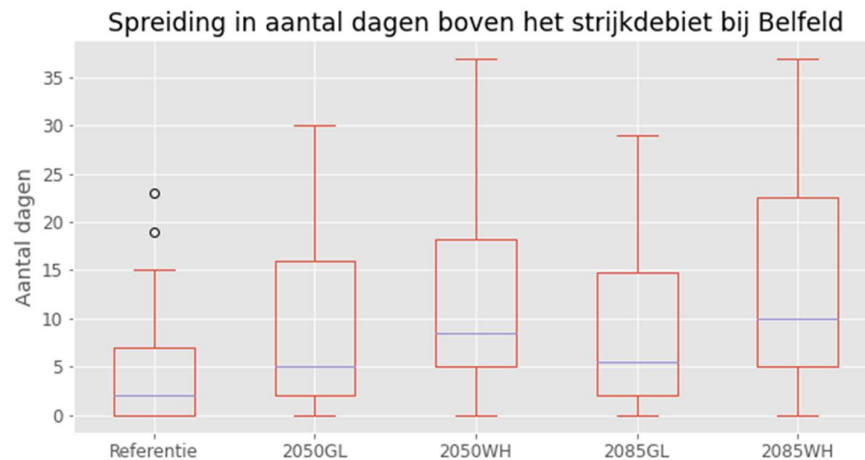
¹⁵ In Paragraaf B.4.2 wordt nagegaan hoe gevoelig de economische analyse is voor dit uitgangspunt.

N.B. Verder is een belangrijk aandachtspunt bij het verhogen van het sluisplateau de extra opstuwing in het doorstroomoppervlak die bij hoge rivierafvoeren kan ontstaan, dit is niet in de kosten meegenomen.

Tabel 9: Geëxtrapoleerd gemiddeld aantal dagen per jaar dat in 2025 stuw Belfeld gestreken is en sluis passeerbaar of gestremd is, gebaseerd op referentiejaar 2018 voor de zichtjaren en voor de klimaatscenario's GL en WH

Jaar	GL-scenario voor DVS en nDVS		WH-scenario voor DVS en nDVS		WH-scenario voor nDVS+1,0m	
	Stuw gestreken / sluis passeerbaar	Stuw gestreken / sluis gestremd / rivier bevaarbaar	Stuw gestreken / sluis passeerbaar	Stuw gestreken / sluis gestremd / rivier bevaarbaar	Stuw gestreken / sluis passeerbaar	Stuw gestreken / sluis gestremd / rivier bevaarbaar
2018	1,30	3,40	1,30	3,40	3,50	1,20
2050	1,80	6,60	2,50	8,60	6,52	4,58
2085	1,70	6,60	3,00	9,90	6,85	6,05
2125	1,59	6,60	3,57	11,39	7,23	7,73

Bij de analyse is niet alleen het totaal aantal dagen dat een stuw doorvaarbaar is (en de sluis niet), maar ook hoelang een aaneensluitende periode duurt van beperkingen. De modellering geeft hiervoor de volgende resultaten in het Figuur 4 en Figuur 5.

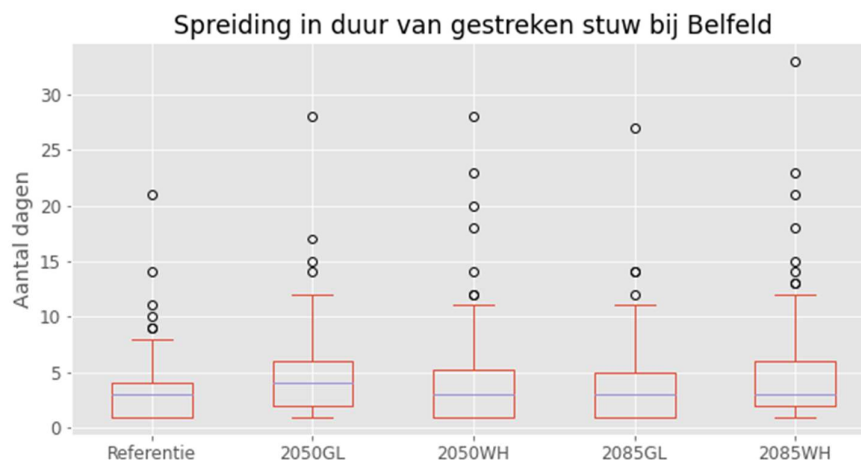


Figuur 4: Spreiding van het aantal dagen per jaar boven het strijkdebiet in Belfeld voor de verschillende scenario's met daarin de mediaan (paarse lijn), 1^e en 3^e kwartiel (oranje box), minimum¹⁶ en maximum¹⁷ (oranje verticale lijnen) en uitschieters¹⁸ (rondjes)

¹⁶ 'minimum' = $Q1 - 1.5 * IQR$ ($IQR = Q3 - Q1$)

¹⁷ 'maximum' = $Q3 + 1.5 * IQR$

¹⁸ waarden die buiten kwantiel range vallen ($> Q3 + 1.5 * IQR$)



Figuur 5: Spreiding van de duur van de gebeurtenis 'gestreken stuw' voor stuwcomplex Belfeld in de verschillende scenario's met daarin de mediaan (paarse lijn), 1^e en 3^e kwartiel (oranje box), 'minimum' en 'maximum' (oranje verticale lijnen) en uitschieters (rondjes)

Uit deze figuren blijkt dat bij het stuwcomplex Belfeld de mediaan van het aantal dagen per jaar boven strijkdebiet toeneemt van 3 dagen in de referentie tot 10 dagen in het klimaat-scenario 2085WH, terwijl de mediaan van de golfduur (zie Figuur 5) constant is met 4 dagen. Wel neemt de bandbreedte toe in de tijd tussen de referentie en het scenario 2085WH.

In de analyse maken we gebruik van het gemiddelde aantal dagen per jaar en van een gemiddelde golfduur van 4 dagen conform de analyse uit Figuur 5. De figuur laat zien dat een stremming ook veel langer kan duren dan het gemiddelde van 4 dagen. In een MKBA wordt gerekend met het langjarig gemiddeld jaarlijks risico. Daarnaast bestaat de ongewenste topgebeurtenis (OTG). De relatie tussen de MKBA en de OTG wordt uitgelegd in de tekst box in Paragraaf B.4.1.

- Vlootsamenstelling: De samenstelling van de vloot en de lading verandert door de tijd heen. Op basis van (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021) en in lijn met de projecties in de MKBA voor de 2^e sluiscolk Grave (Panteia, 2021) zijn de volgende aannames gedaan ten behoeve van de projecties:
 - Er vindt een verschuiving¹⁹ plaats van kleinere naar grotere CEMT-klassen vanaf 2019 tot aan 2050. De trend is voor Grave licht afwijkend in vergelijking met de bovenstroomse complexen, die aanvoer hebben vanaf de Maas en de Waal.
 - Er vindt een verschuiving plaats in aandelen ladingtype vanaf 2014 tot aan 2040: het aandeel droge bulk neemt af (1-2,5%-punt), natte bulk blijft nagenoeg gelijk (+0,2-0,6%-punt) en containers neemt iets toe (1,7-3 %-punt)

Deze aannames kunnen enigszins verschillen per stuwcomplex en GL-WH scenario. Exacte aannames zijn opgenomen in Bijlage C. Er wordt verder opgemerkt dat de CEMT-classificering wordt aangehouden om de scheepsaantallen en volumina te kunnen combineren met ladingtype van de schepen en de tijdswaardering. Omdat de

¹⁹ CEMT I-IV daalt van 44 naar 38%; CEMT IV+Va stijgt van 50 naar 53% en Vb-VI stijgt van 4 naar 9%;

IMA-projecties gebaseerd zijn op ontwikkeling in volumina zijn de projecties van CEMT-klassen en lading soorten in deze studie niet sluitend te krijgen.

- **Scheepspassages:** Schippers hebben bij verschillende debieten verschillende passage-opties. Dit kan zijn te passeren via de stuw, via de sluis, of te wachten op een lager debiet. Passagetijden voor stuw en sluis zijn in deze studie gestandaardiseerd voor alle complexen. Voor het passeren van de sluis is een standaard wachttijd van 22 minuten aangenomen; plus een standaard passeertijd van 36 minuten; totaal 58 min per schip per passage via de kolk (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021). Bij hoogwater spelen variabele wachttijden zoals bij laagwater nauwelijks een rol en zijn niet uitgewerkt. Voor passage via de stuw is een verschil gemaakt tussen opvaart en afvaart. Op basis van gemiddelde vaarsnelheden is aangenomen dat de afstand tussen de uiterste grenzen van de voorhavens opvarend in 15 minuten gerond wordt en afvarend in 3 minuten. Voor passage via de stuw is een gemiddelde passagetijd van 9 minuten gehanteerd.

Schepen die er voor kiezen niet door de stuw of de sluis te varen vanaf het moment dat het strijkdebiet – gehanteerd worden waarden uit Tabel 3-7 van (van Baaren et al, 2022) – wordt overschreden krijgen een wachttijd van 12 uren per etmaal toegemeten. Tevens is aangenomen dat de wachttijd voor het eerste etmaal de helft van het aantal werkbare uren per etmaal is om te corrigeren voor een willekeurige aankomst. De 12 uren is voor alle CEMT-klassen en staat voor het aantal werkuren in een normaal etmaal, en is gebaseerd op de Kostentool Binnenvaart (zie www.rwseconomie.nl). Het verschil tussen CEMT-klassen in combinatie met het aandeel van schepen met langere werkuren is te gering om in het rekenmodel te onderscheiden.

De schippers hebben allemaal op het moment van keuze voor een van de passage-opties de intentie om te varen. Daarom is ervoor gekozen de per CEMT-klasse en per ladingtype gestandaardiseerde vaarkosten te gebruiken uit de Kostentool Binnenvaart. De vaarkosten bestaan uit de som van de “value of time” (VoT) en de “value of reliability” (VoR) en zijn aldus opgebouwd (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2013):

$$\text{VoT} + \text{VoR} = (\text{FK} \times \text{TR}) \times (1 + \text{RR})$$

Hierbij staat FK voor factorkosten, de bedrijfsmatige kosten van het varen, die worden uitgedrukt in euro per uur. Deze komen uit de Kostentool Binnenvaart. TR is de trade-off ratio die de afruil tussen factorkosten en reistijdwaardering weergeeft. De RR is de reliability ratio die de afruil ten behoeve van betrouwbaarheid van de reistijd weergeeft. De waarden in Tabel 10 voor TR en RR zijn empirisch vastgesteld voor de binnenvaart-transportsector als geheel.

Tabel 10: Aannames voor berekening vaarkosten met Kostentool Binnenvaart

Lading	Trade-off ratio TR	Reliability ratio RR
Containers	1,16	0,08
Overig	1,06	0,08

De bedragen in de Kostentool Binnenvaart zijn op basis van het prijspeil van 2018. Uit de Macro Economische Verkenning (CPB, 2022) zijn de correcties gehaald om te

corrigeren naar het prijspeil van 2022. De bedragen voor 2018 zijn daartoe met een factor 1,094 vermenigvuldigd.

Ter illustratie zijn de aantallen schepen die het stuwcomplex Belfeld passeren opgenomen in Tabel 11 voor 2018, voor 2026 en voor 2050 (klimaatscenario WH).

Tabel 11: Aantal passages binnenvaartschepen via stuw of sluis, scenario WH, geëxtrapoleerd naar 2026 en 2050. Belfeld (er is verkeersgroei aangenomen tot 2050)

Aantal schepen per dag (alle CEMT klassen)	WH-scenario voor doorvaarbare en niet-doorvaarbare stuw					
	Stuw gestreken/sluis passeerbaar			Stuw gestreken/sluis gestremd		
	Vaart niet	Via stuw	Via sluis	Vaart niet	Via stuw	Via sluis
2018	13	39	2	23	31	0
2026	17	49	2	29	39	0
2050	21	61	3	36	49	0

In Tabel 12 is een aantal aannames over verdeling en groei scheepvaart samengevat.

Tabel 12: Aannames verdeling en groei scheepvaart

Aanname	Basisjaar	Ontwikkeling 2050 en 2085	Bron
Percentage schepen dat door de stuw vaart bij gestreken stuw	2004-2018	constant	IVS
Vlootopbouw binnenvaartschepen	2017-2020	Conform Analyse complex Grave	(Panteia. 2021)
De groei van de scheepvaart	2018	1% laag (WH) of 2% hoog (GL), lineaire interpolatie tussen 2018 en 2050, daarna geen groei	Deltascenario's
Waardering tijdswinst	2022	Kosten-kengetallen	Kostentool binnenvaart, Kostenbarometer goederenvervoer, www.rwseconomie.nl

B.2.3

Samenvatting

Voor ieder alternatief (doorvaarbare stuw, niet-doorvaarbare stuw, niet-doorvaarbare stuw met sluisverhoging) wordt het aantal uren berekend die schepen nodig hebben om de complexen te passeren, op jaarbasis. Hier horen ook de uren bij die ontstaan doordat een schipper verkiest niet te varen vanwege een gestreken stuw of gestremde sluis (zie Paragraaf B.2.1). Deze vaaruren worden gewaardeerd tegen een standaard kengetal dat per CEMT-klasse en per ladingsoort varieert. Hiervoor wordt de Kostentool Binnenvaart gebruikt (zie www.rwseconomie.nl). De passages van alle schepen en ladingen krijgen zo op jaarbasis een waarde, de kosten van passeren. De waarde van alle passerende schepen verschilt per alternatief en per GL/WH-scenario. Het verschil in passagekosten tussen twee alternatieven is de baat van het alternatief met de laagste kosten ten opzichte van het duurdere alternatief.

B.3 Kosten van een doorvaarbare en een niet-doorvaarbare stuw

B.3.1 Aanpak

Deze paragraaf is een samenvatting van de kosten voor een niet-doorvaarbare stuw (nDVS) en doorvaarbare stuw (DVS) gebaseerd op kostenramingen uitgevoerd door Witteveen+Bos, RWS-Ontwerpt en de aanpassingen hierop gemaakt door RWS. De aanpak bestaat namelijk uit een review van de kostenraming van stuw Roermond door Witteveen+Bos in samenhang met (RWS-ontwerpt, 2021b). Deze review heeft in twee (review)stappen plaatsgevonden:

1. Analyse van de vergelijking tussen (RWS-ontwerpt, 2021b) en de kostenraming van stuw Roermond door Witteveen+Bos op uitgangspunten en eventuele risico's, onduidelijkheden en onvolkomenheden. Daarbij worden de review-resultaten waar mogelijk gekwantificeerd.
2. Aanscherping van de analyse vanuit project- en domeinkennis van Rijkswaterstaat.

B.3.2 Tussenresultaat

In Tabel 13 worden de realisatie-, beheer- en onderhoudskosten voor een doorvaarbare en niet-doorvaarbare stuw met het prijspeil van 2019 samengevat. Met dit tussenresultaat wordt in Paragraaf B.3.3 tot input voor de economische analyse scheepvaart gekomen. Voor de achtergronden bij Tabel 13 wordt naar Bijlage C verwezen.

Tabel 13: Tussenresultaat raming realisatie- beheer- en onderhoudskosten voor nieuwe stuw (prijspeil 2019)

Kosten (M€, incl. 21% BTW)	nDVS	DVS	DVS	nDVS+1m	opmerkingen
Review stap	1	1	1 en 2		
Investeringskosten van stuw Roermond (Witteveen+Bos, 2019)	62,71	67,38	67,38	-	Deterministisch
Aanpassingen investeringskosten na review:					
- <i>contra gewicht</i>		2,44	2,44	-	Review stap1, verschillen nDVS en DVS
- <i>ruimte aanvaarbeschermingsconstructie</i>		6,51	6,51	-	Review stap1, verschillen nDVS en DVS
- <i>kleppen in schuiven</i>			8,14		Review stap 2, verschillen nDVS en DVS
- <i>langere damwanden ivm ontgrondingen</i>	5,0	5,0	5,0	-	Review stap1, risico gelijk voor nDVS en DVS
- <i>bouwkuip: ontsluiting + verwijderen</i>	<i>n.t.b.</i>	<i>n.t.b.</i>	<i>n.t.b.</i>		Review stap1, risico gelijk voor nDVS en DVS
Kosten nieuwbouw stuw	67,71	81,34	89,48	-	
Kosten slopen bestaande stuw	3,41	3,41	3,41	-	Schatting uit Witteveen + Bos (2019)
Kosten vervangen stuw	71,12	84,75	92,89	-	
Kosten verhogen sluis	-	-	-	80	Per schutsluis, exclusief kosten nDVS
Meerkosten doorvaarbaar maken stuwcomplex	nvt	13,63	21,77	80,00	Ten opzichte van nDVS
Beheer- en onderhoudskosten (Witteveen+Bos, 2019)	42,41	41,39	41,39	-	Netto contante waarde

Opmerkingen:

- De resultaten in Tabel 13 zijn niet geschikt voor een uitgebreide evaluatie van de absolute hoogte van de investeringskosten van de alternatieven DVS en nDVS, omdat veel ontwerp vragen met betrekking tot bouwen in de rivier nog niet zijn beantwoord en dus ook niet in de raming zijn opgenomen. Er zijn wel voorzieningen voor onbekendheden en risico's meegenomen.
- De review door RWS van raming en ontwerp heeft er toe geleid, dat de verschillen tussen de alternatieven DVS en nDVS groter zijn geworden dan de oorspronkelijke kostenraming van Witteveen+Bos.
- De beheer- en onderhoudskosten zijn nog niet consistent en de relatie met het ontwerp is beperkt. De beheer- en onderhoudskosten zijn ongewijzigd van de kostenraming in (RWS-ontwerpt, 2021b) overgenomen.
- De raming van de verhoging geldt per schutsluis. In het geval van de Maasstuwen is dat er 1 (Roermond, Grave) of zijn dat er 3 (Belfeld, Sambeek) per complex.
- De beheer- en onderhoudskosten zijn voor de sluisverhoging niet meegenomen, omdat verondersteld wordt dat die niet wezenlijk zullen afwijken van de huidige beheer- en onderhoudskosten.

B.3.3 Input voor economische analyse scheepvaart

De ramingen voor de investerings-, beheer- en onderhoudskosten van een doorvaarbare of niet doorvaarbare sluis uit Paragraaf B.3.2 worden verondersteld generiek te zijn voor alle stuwen in de Maas. Deze kosten worden in Paragraaf B.4 vergeleken met de scheepvaartbaten. In de analyses wordt, voor wat betreft de sluisverhoging, alleen het alternatief met een sluisverhoging van 1,0 m meegenomen, aangezien deze meer baten heeft bij vrijwel dezelfde kosten dan het alternatief met een sluisverhoging van 0,5 m.

Uitgangspunt voor de aanlegkosten is Tabel 14, die gebaseerd is op Paragraaf B.3. Uit de aanname, dat de beheer- en onderhoudskosten voor een doorvaarbare en niet-doorvaarbare stuw bij benadering gelijk zijn, volgt dat het verschil in realisatiekosten tussen beide alternatieven circa 22 miljoen euro is.

Tabel 14: Realisatie, beheer- en onderhoudskosten voor doorvaarbare of niet doorvaarbaar stuw en verhogen schutsluizen, uit Tabel 14, prijspeil 2019, inclusief btw (dit wordt toegepast voor iedere stuw)

Alternatief	Kosten (in miljoenen euro's)
Doorvaarbare stuw	92,89
Niet doorvaarbare stuw	71,12
Niet doorvaarbare stuw met sluisverhoging (1 m)	71,12 + 80,00

De jaarlijkse cash flows zijn niet ter beschikking gesteld voor de voorliggende analyse. Met een benadering is getracht de gegevens als volgt te bewerken, dat ze meer voldoen aan de uitgangspunten van discontovoet en prijspeil; en dat de beheer- en onderhoudskosten een realistischer profiel tonen:

Het prijspeil van realisatie-, beheer- en onderhoudskosten is opgehoogd van het originele 2019-peil naar dat van 2022; met een factor 1,0508 (MEV-cpi). De beheer- en onderhoudskosten zijn berekend met een discontovoet van 3,0%. Bij de aanname dat het om constante jaarbedragen gaat is teruggerekend naar het constante jaarbedrag. Vervolgens is het constante jaarbedrag verdisconteerd over 100 jaar tegen de huidige discontovoet²⁰ van 1,6%

²⁰ zie <https://www.rwseconomie.nl/documenten/rapporten/2021/december/07/factsheets-discontovoet>;

voor vaste en verzonken kosten. Dit verhoogt de verdisconteerde beheer- en onderhoudskosten met een factor 1,5735. Als laatste zijn de lagere beheer- en onderhoudskosten van de doorlaatbare stuw aangepast aan het niveau van de beheer- en onderhoudskosten van de niet doorvaarbare stuw. Hiervoor is het berekende constante jaarbedrag van de beheer- en onderhoudskosten gedeeld door de realisatiekosten: 1,8%. Dit percentage is gebruik om op basis van de realisatiekosten van de doorvaarbare stuw een realistischer post voor beheer- en onderhoudskosten te schatten. Het aangepaste bedrag is waarschijnlijk nog steeds een onderschatting ten opzichte van het beheer en onderhoud van de niet doorlaatbare stuw.

Deze aanpassingen leveren een aanpassing in de kostenschatting op (Tabel 15).

Tabel 15: Aanleg-, beheer- en onderhoudskosten voor doorlaatbare en niet doorvaarbare stuw, voor één stuw, (gecorrigeerd voor disconto 1,6%, prijspeil 2022, miljoen euro, beheer- en onderhoudskosten incl. btw)

Alternatief	Kosten (in miljoenen euro's)
Doorvaarbare stuw	189,20
Niet doorvaarbare stuw	144,86
Niet doorvaarbare stuw met sluisverhoging (1 m)	228,92

Een doorvaarbare stuw is qua aanleg-, beheer- en onderhoudskosten dus circa 44 miljoen euro duurder dan een niet-doorvaarbare stuw zonder sluisverhoging, en ongeveer 40 miljoen euro goedkoper dan een niet-doorvaarbare stuw met sluisverhoging van 1,0 m. Een sluisverhoging van 1,0 m kost circa 84 miljoen euro bij het prijspeil van 2022.

B.4 Resultaat economische analyse scheepvaart

B.4.1 Geprognostiseerde scheepvaartbaten voor Belfeld

Schepen van alle CEMT-klassen kunnen de afstand tussen de meest benedenstrooms gelegen stuw in de Maas, Lith, tot aan de sluis van Maasbracht (Julianakanaal) in één dag overbruggen. Een schip dat één stuw-sluiscomplex wil passeren waarbij de sluis gestremd is, zal bij een niet-doorvaarbare stuw vast komen te zitten. Of andere sluiscomplexen dan ook gestremd zijn doet dan niet meer ter zake. Dit is de zogenaamde 'one-out-is-all-out' regel. Op grond hiervan mogen slechts de scheepvaartbaten voor maar één complex meegenomen worden in de saldoberekening in het geval van een gestremde sluis.

Omdat de baten van de stuw Belfeld het grootste zijn, worden die meegenomen in de economische analyse scheepvaart (zie

Tabel 16). Belfeld is cruciaal in de keten van stuwen in de Maas (omdat deze als eerste wordt gestreken), vandaar dat deze paragraaf op stuw Belfeld is toegespitst. Als Belfeld niet-doorvaarbaar is, dan heeft dat effect op de alle vaarroutes waar Belfeld onderdeel van uitmaakt, zie Paragraaf 3.3.4 van (van Baaren et al, 2022).

Tabel 16: Netto contante waarde (in miljoen euro's) van de vaartijden voor stuw Belfeld (voor de periode 2026-2125) per alternatief en scenario, verschillen zijn baten voor de scheepvaart

Alternatief	Scenario	Verdisconteerde tijdswaardering [miljoen euro]	Verskil in verdisconteerde tijdswaardering = baten [miljoen euro]
DVS	GL	27,78	742,83
nDVS	GL	70,61	
DVS	WH	62,70	96,15(DVS vs. nDVS) 14,47 (DVS vs. nDVS+1,0m)
nDVS	WH	158,85	
nDVS+1,0 m	WH	77,17	

Zoals te verwachten is de waarde van de tijdskosten bij toepassing van de 'one-out-all-out' regel het laagst in het alternatief DVS. Het verschil tussen de alternatieven DVS en nDVS is in de orde van grootte van 43 à 96 (respectievelijk scenario GL en WH) miljoen euro. Het alternatief met sluisophoging van 1,0 m (nDVS+1,0m) scoort in absolute zin licht beter dan de niet-doorvaarbare stuw (nDVS) met een verschil van circa 14 miljoen euro (scenario WH).

N.B. Uit de gemaakte berekeningen blijkt dat de economische winst van het door de stuw kunnen varen, terwijl er ook een schutsluis beschikbaar is, relatief klein is. Weliswaar treedt deze winst op bij elk complex dat wordt gepasseerd, maar het aantal dagen waarop deze keuze gemaakt kan worden is relatief klein waardoor de voorkomen hoeveelheid tijdsverlies relatief gering is. Deze stelling mag niet als eindconclusie aangenomen worden daar de kostenraming van de verschillende varianten te veel lacunes vertoont.

Tekst Box: Relatie tussen MKBA en Ongewenste Topgebeurtenis (OTG)

Als een sluis of een vaarweg is gestremd dan onderbreekt dat de logistieke keten van verladere en vervoerders. Een stremming levert altijd het risico op dat verladere kiezen voor een ad hoc of een structurele modal shift van de binnenvaart weg. Of dat verladere zelfs kiezen voor een herlocatie van hun productieactiviteiten. Bij een korte 'plotse' stremming van enkele dagen spreken we van een ad hoc modal shift, ingegeven door het moment. Treden er regelmatig of langere stremmingen op over meer jaren dan kan de verlader een structurele modal shift overwegen voor (een deel) van zijn lading. Als er vaker langere stremmingen optreden en lading is niet efficiënt naar andere modi te verplaatsen dan kan de verlader overwegen de productieplaats te wijzigen.

De maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) bekijkt een situatie vanuit nationaal economisch belang. De rekenmethode is geüniformeerd en neemt de belangen van alle stakeholders mee. De afweging of een stuw doorvaarbare wordt is volgens deze wijze opgesteld. De kosten en baten van alle belanghebbenden worden opgeteld en gesaldeerd per uitvoeringsalternatief. De analyse van een OTG op bedrijfsniveau is een bedrijfseconomische of financiële analyse die van het bedrijfsbelang alleen uitgaat. De vraag die geanalyseerd wordt is wat is het beste voor het bedrijf, ongeacht de maatschappelijke opofferingen. Een evenement kan voor een bedrijf veel schade opleveren die voor de maatschappij als geheel in het niet valt of weg gesaldeerd wordt.

De economische analyse naar de doorvaarbare van de toekomstige Maasstuwen benadert de gevolgen van klimaatverandering op de rivierafvoer vanuit de ontwikkeling van het langjarig gemiddeld jaarlijks risico. Rond dat jaarlijkse gemiddelde zit een wolk van te verwachten afvoeren die soms groter en soms kleiner zal zijn dan het

gemiddelde. Daarnaast is er de trend van de afvoeren in de tijd. In de economische analyse van de haalbaarheidsstudie wordt het langjarig gemiddeld jaarlijks risico gebruikt om over de looptijd van het project de gevolgen van maatregelen te bepalen. Dit is een gangbare en correcte methode om uitvoeringsalternatieven onderling te vergelijken. De maatschappelijke schade die ontstaat door een lange stremming wordt gecompenseerd door de jaarlijkse maatschappelijke schades die lager zijn dan het gemiddelde. Dit laat onverlet dat de hoge schades door de langste stremmingen op dat moment zwaar kunnen zijn voor de betrokkenen.

In Bijlage D wordt gepoogd dit risico te beschrijven; en hoe er in de MKBA en de bedrijfseconomische analyse mee omgegaan wordt.

B.4.2 Economische analyse scheepvaart voor 4 stuwen

Per alternatief zijn in Tabel 17 over de gehele zichtperiode van de gedetailleerde economische analyse en voor vier stuwen alle kosten (realisatie, beheer, onderhoud en tijdsverlies), opgeteld per scenario (GL en WH), uitgaande van de aangenomen strijkdebieten in Tabel 3-7 van (van Baaren et al, 2022).

Tabel 17: Realisatie-, beheer- en onderhoudskosten en kosten voor tijdsverlies voor DVS, nDVS en nDVS+ voor 4 stuwen, baten voor stuw Belfeld (miljoen euro's, netto contante waarde, prijspeil 2022)

Alternatief	GL scenario			WH scenario		
	Realisatie-beheer- en onderhoudskosten	Tijd	Som	Realisatie-beheer- en onderhoudskosten	Tijd	Som
DVS	756,80	27,78	784,85	756,80	62,70	819,50
nDVS	579,43	70,61	650,05	579,43	158,85	738,28
nDVS+1,0m	n/a	n/a	n/a	915,70	77,17	992,87

Het resultaat van de economische analyse van scheepvaartbaten bij Belfeld (op basis van de onvolledige kostenraming) laat zien, dat de maatschappelijke kosten van 4 doorvaarbare stuwen hoger zijn dan 4 niet-doorvaarbare stuwen. Door toepassing van de 'one-out-all-out' regel vergelijkt men de baten van Belfeld met de realisatie-, beheer- en onderhoudskosten van 4 stuwen. Hierdoor wordt het verschil tussen de som der kosten van de doorvaarbare stuw ten opzichte van de niet-doorvaarbare stuw groter; groter dan wat redelijkerwijs als significant mag worden aangenomen, hoewel de kosten van DVS en nDVS een kleine overlap vertonen. Op economische gronden verkiest, in deze opstelling, de niet-doorvaarbare stuw dan de voorkeur. Dit mag nooit als eindconclusie aangenomen worden voordat de kostenraming aangepast is.

N.B. Merk op dat stuw Linne niet in deze beschouwing is meegenomen.

Indien er rekening wordt gehouden met lager aangenomen strijkdebieten die tot een factor 10 vaker voor kunnen komen, dan wordt het beeld als in

Tabel 18. Een factor 10 hoger aantal strijkdagen geeft niet automatisch een factor 10 hogere baten, omdat de baten per schip kleiner zijn dan bij 'niet varen'. De vaar- en wachtkosten zijn een benadering.

Tabel 18: Realisatie-, beheer- en onderhoudskosten en kosten voor tijdsverlies voor DVS, nDVS en nDVS+ voor 4 stuwen, baten voor stuw Belfeld bij lagere aangehouden strijkdebieten (miljoen euro's, netto contante waarde, prijspeil 2022)

Alternatief	GL scenario			WH scenario		
	Realisatie-beheer- en onderhoudskosten	Tijd	Som	Realisatie-beheer- en onderhoudskosten	Tijd	Som
DVS	756,80	28,33	785,13	756,80	63,66	820,46
nDVS	579,43	74,13	653,56	579,43	165,32	744,76

Het verschil tussen de alternatieven DVS en nDVS is nu in de orde van grootte van 76 à 132 (respectievelijk scenario WH en GL) miljoen euro.

De kosten van varen en wachten bij lagere strijkdebieten nemen minder snel toe in de alternatieven met een doorvaarbare stuw dan met een niet-doorvaarbare stuw. De ontwikkeling is niet zodanig dat dit de verschillen in aanleg-, beheer- en onderhoudskosten goed maakt. Dit toont aan dat aan het aanhouden van significant lagere strijkdebieten niet leidt tot significant kleinere verschillen in totale kosten tussen DVS en nDVS.

B.5 Conclusie economische analyse scheepvaart

Uit de resultaten van de bovenstaande economische analyse scheepvaart (met Belfeld als maatgevende stuwcomplex) worden in deze paragraaf een aantal conclusies getrokken.

Eerst dient er echter te worden opgemerkt, dat de ramingen van de kosten – mede door het beperkte detailniveau van de beschikbare input voor de kosten – te onzeker worden geacht om nauwkeurige uitspraken te kunnen doen. Wel is naar voren gekomen dat doorvaarbare stuwen enkele kostenverhogende factoren hebben ten opzichte van niet-doorvaarbare stuwen, en wordt ingeschat dat de richting waarin de resultaten wijzen betrouwbaar is. Oftewel: het is niet waarschijnlijk is dat aanpassingen/detailering van kosten voor realisatie, beheer en/of onderhoud de conclusie over het al dan niet rendabel zijn van een doorvaarbare stuw in de toekomst zullen veranderen.

- Qua realisatie-, beheer- en onderhoudskosten voor één stuw over de gehele zichtperiode van 100 jaar blijkt uit Tabel 15 dat (deze uitkomst vereist nadere detaillering):
 - een doorvaarbare stuw (circa 189 miljoen euro) ongeveer 44 miljoen euro meer kost dan een niet-doorvaarbare stuw (circa 145 miljoen euro);
 - een doorvaarbare stuw (circa 189 miljoen euro) ongeveer 40 miljoen euro minder kost dan een niet-doorvaarbare stuw met sluisverhoging van 1,0 m (circa 229 miljoen euro).
 - een sluisverhoging van 1,0 m daarmee ongeveer 84 miljoen euro kost;
 - een niet-doorvaarbare stuw met sluisverhoging van 1,0 m is dus de duurste optie, gevolgd door een doorvaarbare stuw en (de meest goedkope optie) een niet-doorvaarbare stuw.
- De sommatie in Tabel 17 over de gehele zichtperiode van 100 jaar van enerzijds de realisatie-, beheer- en onderhoudskosten van de vier stuwen en anderzijds de kosten van vaartijden laat bij de aangehouden strijkdebieten zien dat:
 - voor de variant doorvaarbare stuw de realisatie-, beheer- en onderhoudskosten circa 177 miljoen euro hoger zijn dan voor de niet-doorvaarbare stuw;

- voor de doorvaarbare stuw de baten voor de scheepvaart 43 tot 96 miljoen euro hoger zijn dan bij de niet-doorvaarbare stuw.
- de voorkomen hoeveelheid tijdverlies bij het alternatief DVS is vanuit economisch oogpunt daarmee onvoldoende om de extra investeringen in een DVS te rechtvaardigen. Bij de huidige onvolledige kostenraming.
- Eenzelfde sommatie over de gehele zichtperiode van 100 jaar voor 4 stuwen bij significant lager aangenomen strijkdebieten illustreert dat de scheepvaarbaten weliswaar groeien naar 76 tot 132 miljoen euro, maar dat dit onvoldoende is om het verschil in kosten (circa 177 miljoen euro) te overbruggen. De gevoeligheidsanalyse met een lager strijkdebet laat zien dat, ondanks dat de baten voor de scheepvaart dus toenemen, deze onvoldoende zijn om de extra investering te rechtvaardigen. Bij de huidige onvolledige kostenraming.

C Achtergronden bij Bijlage B: Kosten doorvaarbaar stuwcomplex

Dit is een bijlage bij Paragraaf B.3. Deze bijlage geeft een overzicht van de kosten voor de niet-doorvaarbare stuw (nDVS) en de doorvaarbare stuw (DVS). Zij is gebaseerd op de kostenramingen afkomstig van (Witteveen+Bos, 2019) en het ontwerp van (RWS-Ontwerpt, 2019). Op dit overzicht zijn, in overleg met RWS-Ontwerpt, nog enkele aanpassingen gemaakt.

C.1 Bronnen en aanpak

In (RWS-Ontwerpt, 2019) worden in een eerste opzet varianten en alternatieven uitgewerkt en afgewogen voor de keermiddelen, en de locatie, de dimensies en uitvoeringsaspecten van de stuwen. Het ontwerp van de stuw volgens (RWS-Ontwerpt, 2019) is bruikbaar voor de meeste stuwen in de Maas (Linne, Roermond, Belfeld en Sambeek). Voor wat betreft de doorvaarbare stuwen (DVS) volgt uit de ontwerpafwegingen een variant van 2 hefschuiven van elk 50 m, voor de niet-doorvaarstuwen (nDVS) is dit een variant met 4 radiaalschuiven van elk 25 m.

Voor onderhavige analyse was voorts de kostenraming voor stuw Roermond (Witteveen+Bos, 2019) beschikbaar. Deze raming is gebaseerd op een doorvaarbare en een niet-doorvaarbare stuw uit (RWS-ontwerpt, 2019), en is gebruikt voor de alternatieven DVS en nDVS.

Voor de variant van de verhoging van de schutsluis (nDVS+) was geen raming beschikbaar. Er is daarom informatie uit de MIRT rapportage van de tweede sluis Eefde gebruikt (MIRT overzicht, 2022).

Gezien de geringe mate van detail van de ontwerpen van de stuwen en de bij behorende ramingen is aangenomen dat de kostenraming van Roermond model kan staan voor de overige stuwen in de Maas.

De aanpak is gestart met de vraag of in (RWS-Ontwerpt, 2019) de alternatieven DVS en nDVS op een gelijke wijze zijn uitgewerkt (Paragraaf 0). Daarnaast is voor de kostenraming van stuw Roermond door (Witteveen+Bos, 2019) onderzocht of alle kosten voor het realiseren van een stuw in de raming zijn meegenomen (Paragraaf C.3). De kosten voor het verhogen van de sluis (nDVS+) zijn afgeleid uit de MIRT bedragen van de sluis Eefde (Paragraaf C.4).

Vervolgens zijn alle ramingen gereviewd (Paragraaf C.5). De review heeft in twee stappen plaatsgevonden:

1. Een analyse van de vergelijking tussen (RWS-ontwerpt, 2019) en de kostenraming van stuw Roermond door (Witteveen+Bos, 2019) op uitgangspunten en eventuele risico's, onduidelijkheden en onvolkomenheden. Daarbij zijn de review-resultaten waar mogelijk gekwantificeerd.
2. Aanscherping van de analyse vanuit project- en domeinkennis van RWS-Ontwerpt.

C.2 Uitgangspunten ontwerpnota stuwen in de Maas

(RWS-ontwerpt, 2019) bevat uitgangspunten voor de doorvaarbare en de niet-doorvaarbare stuw. In deze rapportage zijn de volgende twee alternatieven geanalyseerd:

- De doorvaarbare stuw (DVS), deze bestaat uit 2 hefschuiven van 50 m breed. De schuiven worden zo hoog geheven, dat het scheepvaartverkeer de stuw kan passeren.
- De niet-doorvaarbare stuw (nDVS), deze bestaat uit 4 radiale schuiven met ieder een overspanning van 25 m.

Voor beide alternatieven is het uitgangspunt dat de nieuwe stuwen in de rivier zullen worden aangelegd. De tijdelijke bouwkuip zal bij beide alternatieven de rivier voor maximaal 1/3 van de stuw lengte afsluiten. De eisen bij een hoge rivierafvoer zijn voor beide varianten gelijk. De bouwmethode is voor beide varianten gelijk gekozen. De bouwtijd is daarmee ook vergelijkbaar. Voor beide alternatieven zijn dimensies van bouwkuipen fundering, woelkelders onderling vergelijkbaar. Waar dimensies verschillen, is dat te herleiden tot het ontwerp van beide alternatieven DVS en nDVS.

De conclusie is daarmee dat het ontwerp voor beide alternatieven op een gelijk niveau is uitgewerkt en dat daarmee een review mogelijk is.

C.3 Uitgangspunten kostenraming stuw Roermond door Witteveen+Bos

De kostenraming van stuw Roermond van (Witteveen+Bos, 2019) bevat de kostenraming voor de bouw van de alternatieven DVS en nDVS. Bij een vervanging zal de bestaande stuw worden gesloopt; de kostenraming bevat dan ook de kosten voor het verwijderen van de bestaande stuw. De beheer- en onderhoudskosten zijn bepaald voor beide alternatieven DVS en nDVS.

De investeringskosten en sloopkosten omvatten:

- **Bouwkosten**
 - directe kosten van belangrijke constructieve elementen als fundering, betonconstructies, stalen schuiven, bouwkuipen, elektro & mechanische delen (E&M), damwanden, grondwerk etc.
 - Percentage toeslag voor nog te ontwerpen zaken (bijvoorbeeld bodembescherming)
 - Indirecte kosten aannemer (algemene kosten, bouwplaats kosten, winst en risico)
- **Engineeringkosten**
 - Kosten van Rijkswaterstaat t.b.v. de uitvoering van het project, incl 21% BTW

Opmerkingen: in de raming zijn de percentages voor risico's en voorzieningen afgestemd met Rijkswaterstaat Kostenpool. De gebruikte kostenraming is opgesteld met in achtname van de SSK methodiek. In het document is aangegeven is dat deze is geverifieerd door de Rijkswaterstaat Kostenpool.

Al deze posten opgeteld vormen samen de deterministische kostenraming van voor de alternatieven DVS en nDVS. Er is ook een bandbreedte ingeschat (stochastisch) van +/- 40 % over de deterministische kostenraming.

De kosten voor beheer en onderhoud omvatten:

- Directe Levensduurkosten
- Grote vervangingen (grote onderdelen om de x jaar vervangen)
- Onderhoud jaarlijks
- Voorziening nader te detailleren onderhoudskosten

De indirecte levensduurkosten omvatten:

- aannemer (algemene kosten, bouwplaats kosten, winst en risico)

De engineeringkosten

- Kosten van Rijkswaterstaat t.b.v. de uitvoering van het project, incl 21% BTW

Opmerkingen: in de raming zijn de percentages voor risico's en voorzieningen afgestemd met Rijkswaterstaat Kostenpool.

Nog enkele details: Het prijspeil van de raming is 2019. De berekening in (Wittenveen+Bos, 2019) is opgesteld volgens de "standaard systematiek voor kostenramingen in de GWW" en "Kader LCC in de verkenning en planuitwerking". De discontovoet is gesteld op 3%. De netto contante kosten zijn vastgesteld voor 100 jaar vanaf jaar 8 t/m jaar 107. Voor de alternatieven nDVS en DVS is dezelfde systematiek gevolgd. De gevolgde systematiek van de kostenraming omvat alle relevante onderdelen voor het bepalen van de investeringskosten. De percentages van toeslagen zijn met de RWS kostenpool afgestemd. Concluderend: De gebruikte kostenraming methodiek vormt een goede basis voor de review.

C.4 Kostenraming verhogen sluis (alternatief nDVS+)

Voor de kostenraming voor het verhogen van de sluis is geen separate raming beschikbaar. Er is ook geen ontwerp beschikbaar. De vervanging van sluis Eefde staat voor 160 miljoen euro in het MIRT. Deze MIRT raming bevat dezelfde items als het Witteveen + Bos (2019) en zijn daarin vergelijkbaar. Voor het verhogen van de sluis zijn twee nieuwe sluishoofden, deuren en mechanische en elektrische installaties benodigd. Bij verhoging van de kolk wordt uitgegaan van een goedkope oplossing, namelijk een verhoging door het aanbrengen van een grondlichaam op het sluiseland en van aanmeervoorzieningen in plaats van een aangepaste verhoogde kolkwandconstructie. De verhoogde sluis zal immers maar enkele dagen per jaar in gebruik zal zijn.

Gesteld is, op basis van expert judgement, dat de kosten voor het verhogen van de sluis 50% van de aanleg van een nieuwe sluis kolk zullen bedragen, namelijk 80 miljoen euro. De projectnota ombouw Meppelerdiep keersluis tot schutsluis (RWS, 2008) bevat de kosten voor een variant (K1) waarbij een keersluis 1-op-1 wordt vervangen voor een geraamd bedrag van 28 miljoen euro. Voor twee keersluizen en een prijspeilaanpassing van 2008 naar 2019 zal dit vergelijkbaar zijn met de voorgestelde 80 miljoen euro voor het verhogen van één schutsluis naast de stuw.

De beheer- en onderhoudskosten van de verhoogde sluis zullen in orde van grootte gelijk zijn van die van de huidige sluis, en zijn verder niet bepaald.

Merk op dat de verhoogde sluis invloed kan hebben op de afvoercapaciteit de Maas en daarmee op de maatgevende hoogwaterstanden. Dit kan ondervangen worden door rivierverruiming of door het aanpassen van het ontwerp van de stuw. Ook zullen mogelijk scheidingsdammen tussen het stuwkanaal en de voorhavens verhoogd moeten worden. Ook dit is niet in de kostenraming meegenomen.

C.5 Verschillen tussen alternatieven nDVS en DVS, onzekerheden, kansen en risico's

C.5.1 Stap 1 review op basis kostenraming (Witteveen+Bos, 2019) en de ontwerpnota (RWS-Ontwerpt, 2019):

In de eerste stap van de review wordt een vergelijking gemaakt tussen kostenramingen voor alternatieven DVS en nDVS voor:

1. De aspecten die gelijk zijn voor zowel alternatief nDVS als DVS;
 2. De aspecten die onderling verschillend zijn voor de alternatieven nDVS en DVS;
 3. De beheer- en onderhoudskosten, zoals die in (Witteveen+Bos, 2019) zijn uitgewerkt.
-
1. Resultaat van beoordeling van ontwerp en raming met aandacht voor de overeenkomsten tussen alternatieven nDVS en DVS:
 - De ontsluiting van en werkruimte in de bouwfase boven water voor de gefaseerde bouwkuipen in de rivier (hoogwater/werkruimte) zal complexe maatregelen vergen met bijbehorende kosten. De kostenaspecten hiervan zijn niet bepaald.
 - (RWS-Ontwerpt, 2019) geeft aan (op pagina 31) dat de bouwkuip moeten worden verwijderd bij (extreem) hoogwater. Echter, wat hoogwater is wordt niet gedefinieerd in dit rapport. Het is echter wel een risico, voor zowel winter en zomer hoogwaters, met een grote schade aan de bouwkuip en de constructie in aanbouw. Als de bouwkuip verwijderd zou moeten worden door bijvoorbeeld damwanden te trekken dan is het de tweede keer lastig te repareren omdat onderwaterbeton dan niet meer aansluit en ontgrondingen zullen zijn opgetreden. Deze eis zal in ieder geval leiden tot extra maatregelen. Deze kosten en/of risico reservering hiervan zijn niet meegenomen. De verschillen tussen de aanlegalternatieven wordt hierdoor nauwelijks beïnvloed.
 - De bouwkuip moet bestand zijn tegen een zware stromingscondities. De damwanden zijn al kort gezien de afmetingen van constructies, verder kunnen diepe ontgrondingen voorkomen die langere damwanden zullen vergen. Dit risico is te mitigeren door de damwanden langer te maken (aangenomen is van 17,5 naar 30 m). Dit levert een extra kostenpost op van ca 5 miljoen euro (incl. BTW).
 - De waarden in de overzichtstabellen zijn niet altijd te herleiden uit de onderliggende kostenopstellingen en de normaal te hanteren percentages (bijvoorbeeld BTW 21%). Er is daarvoor geen verklaring gevonden.
 2. Resultaat van de beoordeling van het ontwerp en de kostenraming met aandacht voor de verschillen tussen de alternatieven nDVS en DVS:
 - In de calculatie van het alternatief DVS zijn posten opgenomen voor 400 tons schuiven en een 200 tons contragewicht. Het contra gewicht moet 400 ton zijn. De kosten van het alternatief DVS worden daarmee euro 2,44 miljoen euro (incl. BTW) hoger dan voor het nDVS alternatief.
 - Het DVS alternatief vergt een bescherming tegen aanvaringen. (pag 35). Deze is niet uitgewerkt of geraamd. Om te voorkomen dat de netto breedte (50 m) van de stuw zal verminderen door ruimte voor de beschermingsconstructie, wordt hiervoor een schuifbreedte van 56 m aangehouden. Een aantal kostendragers worden afhankelijk van de krachtwerking lineair of kwadratisch verhoogd (beton, fundering staal). De kosten van het alternatief DVS nemen daardoor 6,51 miljoen euro toe (incl. BTW).

3. Resultaat van de beoordeling beheer- en onderhoudskosten
 - De gehanteerde afbakeningen zijn onduidelijk, grote vervangingen staan soms vermeld onder jaarlijks onderhoud. De relatie tussen (RWS-Ontwerpt, 2019) en (Witteveen+Bos, 2019) is lastig te leggen en de gemaakte keuzes zijn niet direct te vinden.
 - Bij de begroting van de beheer- en onderhoudskosten in (Witteveen+Bos, 2019) lijkt een combinatie te zijn gehanteerd van vervangingstermijnen, jaarlijks onderhoud en een begroting met een percentage van de stichtingskosten.
 - De waarden van de overzichtstabellen in (Witteveen+Bos, 2019) zijn niet altijd te herleiden uit de onderliggende kostenopstellingen ondanks grotere verschillen. Er is daarvoor geen verklaring gevonden.
 - De gehanteerde discontovoet in (Witteveen+Bos, 2019) is 3%, en is daarmee hoger dan gebruikelijk.

C.5.2 **Stap 2 Aanvullingen RWS –Ontwerpt op resultaten review stap 1**

In de tweede stap van de analyse is project- en domeinkennis toegevoegd vanuit RWS-Ontwerpt aan de analyse van stap 1. Dit leverde de volgende inzichten op:

Ten aanzien van de aanlegkosten:

- Het is nog maar de vraag of in de bouwfase de 1/3 afsluiting van de Maas voldoende zal zijn om bij hoogwater de opstuwing beperkt genoeg te houden, om risico's voor de waterkeringen te voorkomen. Een bredere stuw of een tijdelijke rivierversluiting zou e.e.a. kunnen mitigeren.
- Een overspanning van een hefschuif van meer dan 40 m wordt gezien als technisch complexer en kosten verhogend. Dit door het zwaardere bewegingswerk en het mogelijk optreden van dynamische effecten in de schuif. In de vigerende ontwerpen, die ontwikkeld zijn na het gereed komen van (RWS-Ontwerpt, 2019), worden ook varianten met kleinere schuifafmetingen beschouwd.
- Het alternatief DVS is uitgevoerd met een hefschuif. Voor de fijnregeling zal men in de schuif aan de bovenzijde kleppen willen toepassen. Een regelmogelijkheid aan de bovenzijde heeft ook een positieve invloed op de afvoer van wrakhout en ijs. In het ontwerp en de kostenraming is daar geen rekening mee gehouden. De schuiven van de DVS zullen duurder worden door deze voorzieningen. Op basis van ervaring wordt hiervoor 30% van de staal- plus electrotechnische- en mechanische kosten van het DVS alternatief meegenomen (8,14 M€. incl BTW).
- De aanvaarbeasting is een punt van aandacht. Bij een stuwpassage met de stroom mee zal de snelheid waarmee het schip de stuw kan raken worden bepaald door de stroomsnelheid plus de snelheid van het schip t.o.v. het water. Een beschermingsconstructie of geleiding voor de scheepvaart zal leiden tot kostenverhogende maatregelen.
- Het bouwen buiten de huidige rivierbedding maakt het bouwen veel simpeler maar heeft wel procedurele consequenties en gevolgen voor de waterloop van de rivier.

Geconcludeerd wordt dat de kostenaanpak voor het verhogen van de sluis (raming , nieuwe hoofden en voor de kolken eenvoudiger grondwerk) voor dit rapport nu voldoende informatie om de alternatieven te kunnen vergelijken.

De beheer- en onderhoudskosten (in de onderliggende stukken ook wel LCC genoemd) van de nDVS en DVS alternatieven worden door de volgende aspecten beïnvloed:

- De beheer- en onderhoudskosten van het DVS alternatief zullen door de kleppen in de hefschuiven groter worden. Dit is niet geraamd in (Witteveen+Bos, 2019).

- Een grote overspanning voor de hefschuiven (DVS alternatief) zal in vergelijking met kleine overspanning (nDVS alternatief) leiden tot meer maatregelen bij operationele problemen, vervanging van de schuif en/of calamiteiten. Er is een zwaardere hulpconstructie nodig om de kerende functie van de schuif over te nemen. Verder zijn er minder regelmogelijkheden omdat er dan nog slechts één hefschuif in bedrijf is. Op dit punt zijn de beheer- en onderhoudskosten van de DVS hoger dan die van nDVS.
- Indien de schuiven geplaatst worden bij een stromende rivier dan zal dit bij een grotere, zwaardere schuif (DVS) zwaarder materieel vereisen dan bij een nDVS, en daarmee tot hogere onderhoudskosten. Ook deze kosten zijn niet meegenomen door (Witteveen+Bos, 2019).

C.6 Overzicht resultaten

Het resultaat van de kostenschatting is opgenomen in Tabel 19.

Hoewel de kostenramingen een vrij grote onzekerheid kennen, staat wel vast dat op basis van de gekozen uitgangspunten de doorvaarbare stuw significant duurder is dan de niet-doorvaarbare stuw, en dat het verhogen van de sluis een nog duurdere variant is.

Tabel 19: Resultaat kostenraming en beheer- en onderhoudskosten

Kosten (M€, incl. 21% BTW)	nDVS	DVS	DVS	nDVS+1m	opmerkingen
Review stap	1	1	1 en 2		
Investeringskosten van stuw Roermond (Witteveen+Bos, 2019)	62,71	67,38	67,38	-	Deterministisch
Aanpassingen investeringskosten na review:					
- <i>contra gewicht</i>		2,44	2,44	-	Review stap1, verschillen nDVS en DVS
- <i>ruimte aanvaarbeschermsconstructie</i>		6,51	6,51	-	Review stap1, verschillen nDVS en DVS
- <i>kleppen in schuiven</i>			8,14		Review stap 2, verschillen nDVS en DVS
- <i>langere damwanden ivm ontgroningen</i>	5,0	5,0	5,0	-	Review stap1, risico gelijk voor nDVS en DVS
- <i>bouwuip: ontsluiting + verwijderen</i>	<i>n.t.b.</i>	<i>n.t.b.</i>	<i>n.t.b.</i>		Review stap1, risico gelijk voor nDVS en DVS
Kosten nieuwbouw stuw	67,71	81,34	89,48	-	
Kosten slopen bestaande stuw	3,41	3,41	3,41	-	Schatting uit Witteveen + Bos (2019)
Kosten vervangen stuw	71,12	84,75	92,89	-	
Kosten verhogen sluis	-	-	-	80	Per schutsluis, exclusief kosten nDVS
Meerkosten doorvaarbaar maken stuwcomplex	nvt	13,63	21,77	80,00	Ten opzichte van nDVS
Beheer- en onderhoudskosten (Witteveen+Bos, 2019)	42,41	41,39	41,39	-	Netto contante waarde

Opmerkingen:

- De resultaten zijn niet geschikt voor een uitgebreide evaluatie van de absolute hoogte van de investeringskosten van de alternatieven DVS en nDVS omdat veel ontwerp vragen m.b.t bouwen in de rivier nog niet zijn beantwoord en dus ook niet in de raming zijn opgenomen. De resultaten van bovenstaande review zijn wel meegenomen.
- De review door RWS van raming en ontwerp heeft er toe geleid dat de verschillen tussen de alternatieven DVS en nDVS groter zijn geworden dan in (Witteveen+Bos, 2019).
- De beheer- en onderhoudskosten zijn nog onvolledig en de relatie met het ontwerp is beperkt. De beheer- en onderhoudskosten zijn ongewijzigd van de kostenraming (daar werden ze LCC genoemd) (Witteveen+Bos, 2019) overgenomen.

D MKBA en OTG

Als een sluis of een vaarweg is gestremd dan onderbreekt dat de logistieke keten van verladers en vervoerders. Een stremming levert altijd het risico op dat verladers kiezen voor een ad hoc of een structurele modal shift van de binnenvaart weg. Of dat verladers zelfs kiezen voor een herlocatie van hun productieactiviteiten. Bij een korte 'plotse' stremming van enkele dagen spreken we van een ad hoc modal shift, ingegeven door het moment. Treden er regelmatig of langere stremmingen op over meer jaren dan kan de verlader een structurele modal shift overwegen voor (een deel) van zijn lading. Als er vaker langere stremmingen optreden en lading is niet efficiënt naar andere modi te verplaatsen dan kan de verlader overwegen de productieplaats te wijzigen.

In deze bijlage zullen we laten hoe dit risico er uit ziet; en hoe er in de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) en de bedrijfseconomische analyse mee omgegaan wordt.

De MKBA bekijkt een situatie vanuit nationaal economisch belang. De rekenmethode is geüniformeerd en neemt de belangen van alle stakeholders mee. De afweging of een stuw doorvaarbaar wordt is volgens deze wijze opgesteld. De kosten en baten van alle belanghebbenden worden opgeteld en gesaldeerd per uitvoeringsalternatief. De analyse van een ongewenste topgebeurtenis (OTG) op bedrijfsniveau, zoals in de vorige alinea beschreven, is een bedrijfseconomische of financiële analyse die van het bedrijfsbelang alleen uitgaat. De vraag die geanalyseerd wordt is wat is het beste voor het bedrijf, ongeacht de maatschappelijke opofferingen. Een evenement kan voor een bedrijf veel schade opleveren die voor de maatschappij als geheel in het niet valt of weg gesaldeerd wordt.

De analyse naar de doorvaarbaarheid van de toekomstige Maasstuwen benadert de gevolgen van klimaatverandering op de rivierafvoer vanuit de ontwikkeling van het langjarig gemiddeld jaarlijks risico. Rond dat jaarlijkse gemiddelde zit een wolk van te verwachten afvoeren die soms groter en soms kleiner zal zijn dan het gemiddelde. Daarnaast is er de trend van de afvoeren in de tijd. In de economische analyse van de haalbaarheidsstudie wordt het langjarig gemiddeld jaarlijks risico gebruikt om over de looptijd van het project de gevolgen van maatregelen te bepalen. Dit is een gangbare en correcte methode om uitvoeringsalternatieven onderling te vergelijken. De maatschappelijke schade die ontstaat door een lange stremming wordt gecompenseerd door de jaarlijkse maatschappelijke schades die lager zijn dan het gemiddelde. Dit laat onverlet dat de hoge schades door de langste stremmingen op dat moment zwaar kunnen zijn voor de betrokkenen.

Het aantal keren dat een stremming van een bepaald aantal aaneengesloten dagen voor komt in de levensduur van een object of de looptijd van een project (beide vaak 100 jaar) wordt wel bepaald tijdens het modelleren van de afvoer. Echter het is niet te bepalen wanneer welke stremmingsperiode valt, behalve dat in de loop van de tijd de kans op langere aaneengesloten dagen van stremming toeneemt. Vandaar dat in de economische analyse met een gemiddeld aantal jaarlijkse stremmingen wordt gewerkt plus een trend in de tijd.

Hoe nu om te gaan met die lange stremming van historische omvang die zich nog niet eerder heeft voorgedaan, maar volgens de modellering wel te verwachten is? Deze OTG is zeker relevant voor beleidsmakers, bestuurders en de betreffende productiesector (Rijkswaterstaat wordt hier niet genoemd omdat die niet over capaciteitskeuzes maar over capaciteitsinstandhouding gaat). De betreffende productiesector zal zijn belang verdedigen en de totale schade aan productiestremming tegen verkoopwaarde opvoeren. Is dit schadebedrag een redelijk getal of is er meer nuance? Hierna zal worden getoond wat de structuur van de

kosten is om een bruto schade tegen verkoopwaarde voor een verlader/producent door de OTG te voorkomen. Omdat de rekenfactoren per bedrijf(stak) verschillen is geen specifieke detailberekening te maken voor de Maascorridor zonder extra onderzoek. Maar waar mogelijk worden indicatieve richtmarges gegeven om de orde van grootte in te schatten.

Over welke stremming van aaneengesloten dagen als OTG praten we? Het gaat over de stremming van de sluis omdat die het essentiële verschil maakt tussen een doorvaarbare en een niet-doorvaarbare stuw. We nemen de sluis van Belfeld zoals in (van Baaren et al, 2022). In de analyse naar de doorvaarbbaarheid van de toekomstige Maasstuwen is in Figuur 5-6 (p65) van dat rapport een duur van 14 aaneengesloten dagen als maximum aangegeven voor de projecties in 2085. Deze waarde nemen we hier als uitgangspunt voor de OTG. In het verleden (de 41-jarige reeks) is de maximum stremming van de sluis een periode van 10 aaneengesloten dagen geweest. Gedurende de 41-jarige reeks is er nooit een modal shift waargenomen. De normale voorraden zijn blijkbaar toereikend voor deze periode. Het is dus redelijk om aan te nemen dat dit ook in de toekomst zo blijft. Het gaat dus niet over een te overbruggen stremming van 14 aaneengesloten dagen, maar om die van de 4 laatste dagen. Het bedrijf dient zich te wapenen tegen de kosten van 4 dagen extra productie. Bij een volcontinu productie van 7 dagen per week en 50 weken per jaar ($7 \times 50 = 350$ dagen/jaar) betreft de schade 4 dagen $4/350 = 1,1\%$ van de jaarproductie (1,7% bij 5 dagen en 48 weken).

Het bedrijf zal graag aanvoeren dat het gaat om 4 dagen productiewaarde tegen verkoopprijs plus de extra kosten van stoppen en starten van de productielijn, zeg 4 dagen van de totale bedrijfskosten. Feitelijk gaat het echter om 4 dagen aan inputs voor de betreffende productielijn. Een productielijn heeft n verschillende inputs. Alleen de inputs die per schip worden aangevoerd tellen mee. De overige inputs, arbeid, indirecte kosten en toeslagen, winst etc. worden niet meegenomen in deze berekening daar het om het voorkómen van de OTG gaat. Dit zou typisch 40-70% van de omzet kunnen bedragen. Van de n inputs die per schip worden aangevoerd zal slechts een deel een kritische voorraad zijn. Alleen die inputs waarvan het voorraadvolume kritiek is en die per schip worden aangevoerd tellen mee in de te berekenen schade. Dit zou bijvoorbeeld 20-50% van de waarde die per schip wordt aangevoerd kunnen bedragen.

Bij het voorkómen van de schade gaat het dus om voorraadbeheer. Het betreffende bedrijf zal schade kunnen voorkomen door extra voorraad aan te houden: voor de kritische inputs voor een periode van 4 dagen productie, zeg 8 dagen om zeker te zijn. Extra voorraad aanhouden betekent niet extra inputs verbruiken maar extra werkkapitaal aanhouden: dit zijn de kosten van het in voorraad hebben. De kosten van werkkapitaal bestaan uit de rentekosten voor grond plus opstal voor de voorraad, arbeid plus energie voor beheer; en rentekosten over de waarde van de voorraad. De rente zal bijvoorbeeld 4-8% kunnen bedragen. De toename in voorraad bij 4 dagen extra kritische inputs ten opzichte van de huidige voorraad is naar verwachting gering en de toename in werkkapitaal idem. Bij bedrijven met een (bijna) dagelijkse levering van inputs, just in time management, zal de binnenvaart niet snel gekozen worden als modus. Bij werkvoorraden voor langere tijden zal men niet spreken van een input kritisch voor het productieproces. Waarschijnlijk gaat het om voorraden voor 2-6 weken productie. 4 dagen voorraad zijn dan $4/14$ - $4/42$ ofwel 10-29% uitbreiding van het werkkapitaal voor die betreffende input. Het is nodig dit per productiesector te bepalen. Een algemene berekening zou hier geen recht doen aan de individuele gevallen.

Er mag aangenomen worden dat een bedrijf de OTG zal willen voorkómen en het er niet op aan zal willen laten komen aangezien het laatste wel veel geld kost. Door de voorraden van kritische inputs te verruimen koopt het bedrijf zekerheid tegen veel lagere kosten dan de kosten van de OTG zelf. Omdat men niet langer dan 1-2 weken kan voorspellen of er een hoogwatergolf aankomt en hoe hoog die precies gaat zijn zal enige extra voorraad aan kritische inputs vanaf het begin van het hoogwaterseizoen nodig zijn. De kosten aan werkkapitaal die daarmee gepaard gaan zijn de extra kosten voor het betreffende bedrijf.

Ter illustratie: na enige winters met een lage behoefte aan strooizout lieten de wegbeheerders de voorraden slinken. Bij de eerstvolgende strengere winter liep Rijkswaterstaat tegen het probleem aan plotseling veel strooizout nodig te hebben. Dit gaf aanzienlijke logistieke problemen. Deze problemen zijn onder meer opgelost door het zout buiten het kritieke seizoen in te slaan en in voorraad te houden. Met extra kosten aan werkkapitaal tot gevolg.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl