



Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat

Uitvoeringsagenda Klimaatbestendige Netwerken

Hoofdvaarwegennet
Hoofdwatersysteem
Hoofdwegennet



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
2.	Resultaten stresstesten	6
2.1	Resultaten stresstesten Hoofdvaarwegennet	6
2.2	Resultaten stresstesten Hoofdwatersysteem	11
2.3	Resultaten stresstesten Hoofdwegennet	14
2.4	Raakvlakken tussen de stresstesten	18
3.	Vorbereidende en generieke maatregelen uitvoeringsagenda	20
3.1	Reeds getroffen voorbereidende maatregelen	20
3.2	Generieke maatregelen	21
4.	Maatregelen uitvoeringsagenda	22
4.1	Maatregelen uitvoeringsagenda Hoofdvaarwegennet	22
4.1.1	Inleiding maatregelen Hoofdvaarwegennet	22
4.1.2	Maatregelen Hoofdvaarwegennet droogte	23
4.1.3	Maatregelen Hoofdvaarwegennet hoogwater	26
4.1.4	Maatregelen Hoofdvaarwegennet hitte	26
4.1.5	Maatregelen die de sector zelf kan oppakken	27
4.1.6	Vervolgonderzoek stresstest Hoofdvaarwegennet	27
4.2	Maatregelen uitvoeringsagenda Hoofdwatersysteem	28
4.2.1	Inleiding maatregelen Hoofdwatersysteem	28
4.2.2	Maatregelen Hoofdwatersysteem overstromingen	28
4.2.3	Maatregelen Hoofdwatersysteem droogte, wateroverlast, hitte	29
4.2.4	Vervolgonderzoek stresstest Hoofdwatersysteem	34
4.3	Maatregelen uitvoeringsagenda Hoofdwegennet	35
4.3.1	Inleiding maatregelen Hoofdwegennet	35
4.3.2	Maatregelen Hoofdwegennet voor wateroverlast en droogte en hitte	36
4.3.3	Vervolgonderzoek stresstest Hoofdwegennet	37
	BIJLAGE A: Impact klimaatverandering op Hoofdvaarwegennet	41
	BIJLAGE B: Impact klimaatverandering op Hoofdwatersysteem	47
	BIJLAGE C: Impact klimaatverandering op Hoofdwegennet	49

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Voor u ligt de eerste Uitvoeringsagenda Klimaatbestendige Netwerken voor de netwerken van Rijkswaterstaat. Deze uitvoeringsagenda beschrijft welke stappen het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) de komende jaren zet om het Hoofdvaarwegennet (HVWN), het Hoofdwatersysteem (HWS) en het Hoofdwegennet (HWN) klimaatbestendiger te maken. In 2018 is het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie (DPRA) aangenomen. Dit Deltaplan schrijft voor dat Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust is. Om daar te komen, moet er door de verschillende overheden, waaronder ook de Rijksoverheid, elke zes jaar een uitvoeringsagenda opgesteld worden. In die agenda staat welke activiteiten er de komende jaren gaan plaatsvinden op de netwerken van Rijkswaterstaat. Voor het Hoofdspoorwegennet (HSWN) wordt een afzonderlijke uitvoeringsagenda samengesteld.

Extreme weersomstandigheden zoals de wateroverlast in Limburg in de zomer van 2021 en de droge en hete zomers van 2018, 2019 en 2020 tonen de noodzakelijke aandacht voor klimaatadaptatie aan. Dit wordt onderstreept door de recente publicatie van het nieuwste Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)-rapport en het klimaatsignaal van het KNMI van 25 oktober 2021¹. De drie netwerken in beheer bij Rijkswaterstaat zijn belangrijk voor het functioneren van het openbare leven en de economie, zowel in Nederland als voor het Europese achterland. Deze netwerken zijn een belangrijk onderdeel van de Europese transportnetwerken en watersystemen. De voorlopige inzet is dat de netwerken in beheer bij Rijkswaterstaat, binnen de veranderende omstandigheden van extreem weer en klimaatverandering, op hetzelfde niveau blijven functioneren.

Deltaplan Ruimtelijke adaptatie

In het Deltaplan staat beschreven hoe gemeenten, waterschappen, provincies en het Rijk door middel van een zesjaarlijks cyclisch proces toewerken naar het realiseren van klimaatbestendige netwerken in 2050. Dit proces bestaat uit drie stappen.

Inzicht in de kwetsbaarheid voor weersextremen en klimaatverandering vormt de basis voor ruimtelijke adaptatie en is daarom de **eerste stap**. Met de **stresstesten** heeft Rijkswaterstaat deze kwetsbaarheden in kaart gebracht. De resultaten van deze stresstesten worden gepubliceerd in de Klimaateffectatlas RWS².

De **tweede stap** is de **risicodialoog**. Hierin worden, per netwerk, de gesignaleerde kwetsbaarheden en risico's van de klimaatbedreigingen besproken. De risicodialoog bestaat uit interne gesprekken binnen IenW en uit externe gesprekken met gebiedspartners en belanghebbenden.

De resultaten van de stresstesten en de risicodialoogen zijn verwerkt in deze **uitvoeringsagenda**, dit is de **derde stap** van het zesjaarlijkse cyclische proces.

De uitvoeringsagenda

Dit is de **eerste versie** van de uitvoeringsagenda voor de netwerken in beheer bij Rijkswaterstaat. Deze agenda geeft een voorzichtig eerste inzicht in de klimaatbestendigheid van deze netwerken. De komende jaren zal steeds duidelijker worden hoe we het beoogde einddoel (in 2050 klimaatbestendig ingericht) willen behalen. In 2024/2025 vindt een nieuwe ronde stresstesten plaats. Deze ronde moet uiterlijk in 2026 tot een volgende versie van de uitvoeringsagenda leiden.

¹ <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/knmi-klimaatsignaal-21>

² <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/klimaatadaptatie/>

Tegelijkertijd is het belangrijk om te realiseren dat de aanpak van klimaatadaptatie een afweging van risico's vraagt op toekomstige ontwikkelingen. IenW bepaalt hierbij op welk kwaliteitsniveau de netwerken moeten kunnen functioneren en/of presteren, wat het mag kosten om dat te realiseren en welke restrisico's hierbij acceptabel zijn. Daarbij spelen vragen als: Hoe erg is het als er vaker wegen niet beschikbaar zijn vanwege wateroverlast? Wat betekent het als de vaarwegen niet bevaarbaar zijn door droogte? Wat betekent dit voor de betrouwbaarheid én veiligheid van het netwerk?

Met deze uitvoeringsagenda gaan we de komende jaren verder met het uitwerken, onderzoeken en uitvoeren van concrete maatregelen om de netwerken klimaatrobust te maken. De rapportage Brede Maatschappelijke Heroverweging 'Klaar voor Klimaatverandering' (Kamerstuk 32 359)³ geeft aan dat klimaatadaptatie meenemen in de onderhouds- en vervangingscyclus (Instandhouding) naar schatting globaal een extra investering van 5-10% van het jaarlijkse Instandhoudingsbudget vraagt. Bij veel van de Vervanging en Renovatieprojecten speelt dat deze in de jaren vijftig/zestig (of nog eerder) gebouwd zijn. En de komende decennia het einde van hun levensduur bereiken, mede door het intensievere gebruik. Onderdeel van de uitvoeringsagenda is om per netwerk de specifieke maatregelen te onderzoeken en indien mogelijk te benoemen en te implementeren, waarvan ook de financiering onderdeel uit maakt. Hierover worden afspraken gemaakt tussen Beleid en Uitvoering.

Leeswijzer

In dit document is de voorgestelde aanpak concreet uitgewerkt voor het Hoofdvaarwegennet (HVWN), het Hoofdwatersysteem (HWS) en het Hoofdwegennet (HWN). De uitvoeringsagenda bestaat daarmee uit de volgende drie onderdelen:

- Resultaten en duiding van de stresstesten per netwerk (Hoofdstuk 2).
- Generieke maatregelen zoals het aanpassen van richtlijnen en normen en het integreren van klimaatadaptatie in werkprocessen en prestatie management (Hoofdstuk 3).
- Concrete maatregelen per netwerk, inclusief vervolgonderzoeken (Hoofdstuk 4).

³ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/04/20/bmh-8-klaar-voor-klimaatverandering>

2. Resultaten stresstesten

In dit hoofdstuk staat, per netwerk, het risico op en de impact van klimaatverandering beschreven, gebaseerd op de resultaten van de uitgevoerde stresstesten en aangevuld met de output van de interne en externe risicodialogen. In de Bijlagen A, B en C zijn de (uitkomsten van de) stresstesten van het Hoofdvaarwegennet (HVWN), het Hoofdwatersysteem (HWS) en het Hoofdwegennet (HWN) in meer detail beschreven. In de Klimateffectatlas RWS zijn de resultaten van de stresstesten in kaartvorm te raadplegen.

2.1 Resultaten stresstesten Hoofdvaarwegennet



De vaarwegen hebben een belangrijke functie voor de Nederlandse economie. Uit de analyse van de stresstesten blijkt dat de effecten van klimaatverandering risico's en knelpunten opleveren voor de bevaarbaarheid. Zo heeft de droge periode in 2018 gezorgd voor een maatschappelijke schade tussen de 2,8 en 4,7 miljard euro (afhankelijk van de scope van de studie). De stresstesten laten zien dat een dergelijke situatie in de toekomst vaker kan voorkomen. Alleen al dit voorbeeld laat zien dat het van belang is om onze vaarwegen klimaatbestendig te maken.

Voor de stresstesten HVWN is gekozen voor een iteratieve aanpak. Dit betekent dat een aantal onderzoeken zijn uitgevoerd met een beperkte geografische scope of met een meer kwalitatieve benadering. Klimaatbedreigingen met de grootste impact zijn als eerste onderzocht, maar het beeld is nog niet compleet. Er is vervolgonderzoek nodig; ook dit staat beschreven in dit document.

In totaal zijn voor het HVWN de **knelpunten** en verwachte **impact** van de volgende vier klimaatbedreigingen in beeld gebracht:

- **Droogte - lage rivierafvoer.** Bij vrij afstromende rivieren - zoals de Waal en de IJssel – wordt bij droogte de vaardiepte minder. Bij kanalen en gestuwde rivieren, zoals de Maas, kan er bij de sluisen watertekort optreden. Uitgebreid kwantitatief onderzoek is gedaan voor de Rijntakken en de Maas.
- **Hoogwater⁴ - in relatie tot doorvaarthoogte.** Bij hogere waterstanden - door hoge rivierafvoeren en/of door zeespiegelstijging - neemt de doorvaarthoogte bij bruggen af. Een quick scan-analyse is uitgevoerd voor de Maas, de Rijntakken en de Rijn-Maasmonding.
- **Hitte - (onderdelen van) beweegbare bruggen kunnen falen door hitte.** Dit kan leiden tot stremmingen. Er is een globale analyse uitgevoerd voor beweegbare HVWN-bruggen (exclusief spoorbruggen) die in beheer zijn van RWS.
- **Indirecte bedreigingen - klimaatdreigingen zonder direct effect op de scheepvaart, maar mét negatieve effecten op andere functies.** Dit kan tot (opgelegde) beperkingen van de scheepvaart leiden. Zo kan zoutindringing, met name bij droogte, er toe leiden dat er minder gesluisd kan worden. Met (meer of minder diepgaande) quick scans zijn meerdere indirecte bedreigingen zoals de afvoerdeling, verandering van het waterpeil en aanzanding in beeld gebracht.

Onderstaand staan de resultaten van de stresstesten ten aanzien van bovenstaande vier klimaatbedreigingen. Droogte (lage rivierafvoer) vormt hierbij de grootste klimaatbedreiging voor het HVWN; de gevolgen van droogte worden namelijk verergerd door voortzettende bodemerrosie. Daarom is voor droogte het meeste diepgaand onderzoek uitgevoerd. Van belang, tot slot, is de overweging dat voor vaarwegen elk knelpunt op het gebied van diepgang, een probleem oplevert voor vrijwel de *gehele corridor*.

Stresstest Droogte – lage rivierafvoer: Door klimaatverandering neemt de rivierafvoer in droge periodes steeds verder af. Ook duren de droge periodes vaak langer. Droogte c.q. lage rivierafvoer leidt op het HVWN tot de volgende problemen:

- **Rijntakken (Waal, IJssel, Nederrijn): afname vaardiepte.** Uit de stresstesten blijkt dat de bevaarbaarheid en de aflaaddiepte op de Rijntakken ‘negatief’ wordt beïnvloed. Concreet betekent dit dat schepen minder vracht kunnen meenemen en dus meer moeten (om)varen om dezelfde hoeveelheid vracht te leveren. Dit leidt tot hogere kosten voor de beroepsbinnenvaart én voor de sectoren die van de binnenvaart afhankelijk zijn. De droogteproblematiek wordt erger in combinatie met bodemerrosie; de rivieren worden hierdoor smaller en ‘snijden’ zich steeds dieper de rivierbodem in. De kabels, leidingen en bestortingen die in de bodem liggen, worden ‘drempels’ en verlagen de diepgang. Het verschil in bodemerrosie per riviertak zorgt verder voor een verandering van de afvoerdeling; hierdoor gaat er steeds minder water richting Nederrijn en IJssel. Tot slot zorgt bodemerrosie voor knelpunten bij de aansluitingen tussen rivieren en aangrenzende sluisen, kanalen en havens.
- **Maas-Waal: knelpunten sluiscapaciteit.** Bij laag water op de Waal heeft de (gestuwde) Maas een grotere vaardiepte. De scheepvaart gebruikt daarom op de route Rotterdam-Maastricht-Luik de oost-westtak van de Maas (via Grave) in plaats van de Waal en het Maas-Waalkanaal (via Weurt). Dit leidt tot extra verkeer op deze (omvaar)route en tot een capaciteitsprobleem bij Sluis Grave. Deze sluis heeft namelijk maar één kolk en een beperkte afmeting (142 meter x 16 meter x 3,2 meter); bij extra vaarwegverkeer lopen de wachttijden dus snel op. Ook is de route over Grave niet geschikt als alternatief voor Vb-schepen. Ook Sluis Weurt vormt bij lage waterstanden op de Waal een knelpunt. Omdat de oostkolk een beperkte diepte heeft, kunnen geladen schepen bij laag water hier geen gebruik van maken. Hierdoor ontstaan er langere wachttijden.
- **Maas: watertekort schutsluisen.** Bij lage rivierafvoeren op de Maas kan er watertekort optreden bij de schutsluisen. Hierdoor kan er niet meer ‘normaal’ worden gesluisd. De sluisen van Born, Maasbracht en Heel zijn op dit moment knelpunten. In Heel kunnen de watertekorten nu alleen worden opgevangen door schutbeperkingen (aanpassen van de ‘schutregimes’). Bij Maasbracht en Born kan het watertekort deels worden gecompenseerd met de daar aanwezige pompen. Bij Maasbracht kan het watertekort

⁴ De klimaatbedreiging *hoogwater* vervangt de DPRA-bedreigingen *wateroverlast* en *overstroming* en is voor het HVWN anders dan voor het HWS. Hoogwater op het HVWN treedt sneller op dan de kritische waterstanden binnen HWS en wordt veroorzaakt door (een combinatie van) hoge rivierafvoeren en invloed vanuit zee (eb, vloed, zeespiegelstijging).

bovendien worden 'opgevangen' door hevelend te schutten. Deze maatregelen leiden echter wel tot langere wachttijden voor de gebruikers en tot hogere kosten voor de beheerder. Bij snelle klimaatverandering zullen deze maatregelen vaker en intensiever ingezet moeten worden.

Stresstest Hoogwater – in relatie tot doorvaarthoogte:

- Hoogwater op het HVWN als gevolg van hoge rivierafvoeren en de zeespiegelstijging leidt tot kleinere doorvaarthoogten bij bruggen. Met name containerschepen (die ook nog eens steeds vaker met 'high cube'-containers varen) hebben hier soms bij **vaste bruggen** last van. Ze kunnen hierdoor minder containers meenemen, wat leidt tot hogere vervoerskosten in de logistieke sector. Bij **beweegbare bruggen** zijn er vaker brugopeningen nodig, waarbij zowel het scheepvaartverkeer als het wegverkeer vertraging oploopt. Dit is een raakvlak tussen het HVWN en het HWN (zie 2.4).

Stresstest Hitte – beweegbare bruggen:

- Door hitte zetten bruggdelen uit, waardoor de klep (val) van bewegende bruggen soms niet meer kan openen of sluiten. Daarnaast kunnen de elektronische, mechanische en hydraulische systemen voor de bediening van de brug oververhit raken. Dit kan hinder en stremming veroorzaken voor het wegverkeer en de scheepvaart, vooral voor de containervaart.
- Van de 169 beweegbare bruggen binnen het Rijkswaterstaatareaal zijn er **28 bruggen** die structureel hittegevoelig zijn en waar bovendien veel beroepsvaart passeert. Deze beweegbare bruggen zijn met name te vinden in de hoofdvaarweg Lemmer-Delfzijl, de Rijn-Maasmonding en kanaal Gent-Terneuzen.

Stresstest Indirecte bedreigingen:

Dit betreft allemaal raakvlakken tussen het HVWN en HWS (zie paragraaf 2.4).

- *Zoutindringing bij zeesluizen.* Om de zoutindringing te beperken, kunnen (extra) schutbeperkingen worden ingezet. Maar hierdoor lopen de wachttijden bij de sluizen wel op. Als gevolg van klimaatverandering (zeespiegelstijging en lage rivierafvoeren) zullen op termijn maatregelen om zoutindringing tegen te gaan steeds vaker nodig zijn.
- *Verandering in (rivier)afvoerdeling.* Bij droogte is er extra vraag naar drinkwater én naar water voor het tegengaan van verzilting. Dit vraagt om maatregelen om het rivierwater anders in te zetten. Afvoer van meer water richting het Amsterdam-Rijnkanaal bij droogte, leidt echter tot hoge stroomsnelheden in de Prins Bernhardsluizen en tot een (nog) kleinere waterdiepte met name tussen St. Andries en Tiel. Wat weer gevolgen heeft voor de beladingsgraad van het scheepvaartverkeer hier.
- *Peilverhoging van peilgereguleerde systemen.* Dit kan leiden tot beperking in doorvaarthoogte, en dus tot hinder voor de scheepvaart.
- *Peilverlaging van peilgereguleerde systemen.* Streefpeilen kunnen in tijden van droogte niet altijd gehandhaafd worden. Schutbeperkingen kunnen helpen om het waterverlies te beperken. Dit leidt echter wel tot langere wachttijden voor de scheepvaart.
- *Aanzanding in de vaarweg als gevolg van rivierverruimende ingrepen (nevengeulen).* De komende jaren worden meerdere nevengeulen aangelegd in alle riviertakken. Als gevolg hiervan kan de vaargeul aanzanden. Dit leidt (alleen) tot verminderde beladingsgraad, als de vaargeul daardoor ondieper wordt dan de meest kritieke ondiepte op de reis (in Nederland is dat vaak de Waal bij Nijmegen). Verondiepingen leiden daarnaast tot verkeershinder en extra CO₂-uitstoot omdat de vaargeulen vaker onderhouden moeten worden.

Tabel 1: Kwetsbaarheden in het HVWN als gevolg van klimaatverandering.

Stresstesten	Kwetsbare systemen
Droogte (lage rivierafvoer) en bodemerrosie	<ul style="list-style-type: none"> • Vaardiepteknelpunten: <ul style="list-style-type: none"> - Waal: traject Spijk-Nijmegen (onder andere de bodemkribben Erlecom, buisleidingen bij Gendt en een vaste bodemlaag bij Nijmegen); traject Tiel-St. Andries (onder andere de vaste bodemlaag van St. Andries). - Pannerden-Nederrijn-Lek: met name bij het splitsingspunt Arnhem en het traject Arnhem tot stuw Driel. - IJssel: vooral op de Boven-IJssel (bij De Steeg, Cortenoever en de Oude IJsselbruggen van Zutphen) en nabij Zwolle (bocht van Zalk). • Aansluitingsknelpunten van sluizen: Weurt, Tiel en Eefde. • Robuustheid/capaciteitsknelpunt: sluis Grave, sluis Weurt. • Beperkte waterbeschikbaarheid bij sluizen: Born, Maasbracht en Heel (Maas). <p>Bodemerrosie treedt op over een heel riviertraject, met name in de bovenrivieren. Dit leidt tot lokale knelpunten, die vaak een hele vaarwegcorridor beïnvloeden. Het probleem moet vaak over het hele traject worden aangepakt.</p>
Hoogwater (doorvaarthoogte)	<p>Bruggen: Rijntakken (Prins Willem-Alexanderbrug, Stadbrug Deventer, Spoorbrug Oosterbeek), Maas (Spoorbrug Ravenstein, brug Venlo), Rijn-Maasmonding (Moerdijkbrug, Keizersveerbrug, Brug Heusden, Merwedeburg).</p>
Hitte	<p>Beweegbare bruggen (28): Hoofdvaarweg Lemmer-Delfzijl, Kanaal Gent-Terneuzen en Rijn-Maas Monding.</p>
Indirecte bedreigingen	<ul style="list-style-type: none"> • Zoutindringing: IJmuiden, Terneuzen, Afsluitdijk, Delfzijl. • Afvoerdeling: traject Tiel-St. Andries; Bernhardsluizen. • Peilverhoging: vooral Amsterdam-Rijnkanaal. • Peilverlaging: Maas, Twentekanalen, Terneuzen. • Aanzanding: Waal en IJssel.



Belangrijkste knelpunten volgens uit de klimaatstresstesten voor het Hoofdvaarwegennet

2.2 Resultaten stresstesten Hoofdwatersysteem



In 2020 zijn voor het Hoofdwatersysteem (HWS) de stresstesten afgerond voor de dreigingen droogte en hitte, wateroverlast, waterveiligheid en objecten. De stresstesten waren veelal kwalitatief van aard en hebben een eerste beeld opgeleverd van de belangrijkste kwetsbaarheden in het HWS. De kwetsbaarheden zijn gevalideerd en verder aangescherpt en verrijkt op basis van gesprekken met de Rijkswaterstaat-regio's en met beleidscollega's.

Bij de (analyse van de) stresstesten is gebruikgemaakt van de resultaten van andere, reeds beschikbare onderzoeken. Zo is voor de dreiging **droogte en hitte** de knelpuntenanalyse van het Deltaprogramma Zoetwater en de economische analyse zoetwater gebruikt. Voor de dreiging **wateroverlast** is een test ontworpen. De dreiging **waterveiligheid** steunt op de beoordelingen van de primaire en de regionale keringen en de aanpak ervan in de daaropvolgende uitvoeringsprogramma's (waaronder het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP)). Bij de toetsing van de **objecten** is gebruikgemaakt van de methode Functionele levensduur Light; deze methode is ontwikkeld door het kennisprogramma Natte kunstwerken.

Uit de stresstesten blijkt dat met name droogte en de daarmee toenemende verziltingproblemen een grote rol speelt voor het HWS dit wordt versterkt door zeespiegelstijging. De dreigingen droogte en hitte, wateroverlast en waterveiligheid (het beperken van de gevolgen van overstromingen) hebben impact op de waterkwantiteit en waterkwaliteit en daarmee op het watergebruik in de landbouw, de industrie, de scheepvaart en de natuur en voor het drinkwater.

De nadruk van deze eerste stresstesten heeft gelegen op waterkwantiteit; het effect van de dreigingen op waterkwaliteit en natuur en de effecten daarvan op de gebruiksfuncties is slechts summier in beschouwing genomen. Bekende kwetsbaarheden ten aanzien van waterkwaliteit en ecologie, zoals bijvoorbeeld in het Volkerak-Zoommeer of het Veerse Meer, komen daarom niet uit deze stresstesten naar voren.

In Tabel 2 staan de zeven meest kwetsbare deelsystemen en de drie meest kwetsbare objecten van het HWS zoals die uit deze ronde stresstesten naar voren komen, waarvan de systemen aangeduid met een # zeer kwetsbaar zijn. Een aantal van deze kwetsbare deelsystemen en objecten wordt aangepakt in het kader van het Deltaprogramma Zoetwater (zie de aanduiding* in de tabel). De overige deelsystemen en objecten zijn geclusterd tot vijf deelgebieden. In de volgende paragrafen worden deze deelgebieden in meer detail beschreven.

In deze uitvoeringsagenda zijn alleen de meest kwetsbare deelgebieden en objecten opgenomen. De overige kwetsbaarheden die uit de stresstesten naar voren komen, worden waar mogelijk de komende jaren nader onderzocht. Ook de eventuele maatregelen worden in een later stadium geformuleerd.

Tabel 2: Overzicht meest kwetsbare deelsystemen en objecten als gevolg van een klimaatdreiging. (Eerste stresstesten voor een klimaatbestendig Hoofdwatersysteem, april 2021).

Kwetsbare deelsystemen/objecten	Klimaatdreiging
<i>Kwetsbare deelsystemen</i>	
IJsselmeergebied*	Droogte en hitte
Het Grote Pand (Brabantse kanalen)	Wateroverlast
Twentekanal #	Wateroverlast (gering), droogte en hitte*
Grensmaas	Droogte en hitte
Hollandsche IJssel en Lek*	Droogte en hitte
Noordzeekanaal – Amsterdam-Rijnkanaal #	Wateroverlast, droogte en hitte*
Nederrijn-Lek en Waal*	Droogte en hitte
<i>Kwetsbare objecten</i>	
Spui-gemaalcomplex IJmuiden #	Wateroverlast, droogte en hitte
Gemaal Eefde #	Droogte en hitte
Spui- en gemaalcomplex Terneuzen	Wateroverlast, droogte en hitte



Gevoeligheid van het Hoofdwatersysteem voor negatieve effecten als gevolg van beïnvloeding door het klimaat. (Eerste stresstesten voor een klimaatbestendig Hoofdwatersysteem, april 2021).

Deelgebied Noordzeekanaal – Amsterdam-Rijnkanaal en Deelgebied Spui- gemaalcomplex IJmuiden (wateroverlast en droogte en hitte)

Het Noordzeekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal staan in open verbinding met elkaar en vormen samen het afvoersysteem voor een groot deel van Noord-Holland, Utrecht en een deel van Zuid-Holland. Het afvoersysteem is nauw verweven met de regionale watersystemen van de Leidse Rijn, de Vecht en de Amstel en het stedelijk watersysteem van de metropoolregio's Utrecht en Amsterdam. Bij droogte en hitte dringt zout water vanuit het westen het Amsterdam-Rijnkanaal binnen, waar zich innamepunten voor drinkwater bevinden. Uit de stresstesten blijkt dat het Amsterdamse havengebied en de Utrechtse Kanaaleilanden en omgeving het meest kwetsbaar zijn voor wateroverlast. Uit de stresstest blijkt dat het spuigemaal complex IJmuiden het meest kwetsbaar is voor klimaatdreigingen van alle objecten in Nederland. Het complex heeft op dit moment al onvoldoende capaciteit om bij langdurige neerslag al het water af te voeren.

Wateroverlast

De afvoer van water in deze deelgebieden is sterk afhankelijk van het spuien en pompen in IJmuiden, omdat dit de enige afvoerlocatie is in het gehele gebied. Door extremere neerslag zal de maximale afvoercapaciteit in de toekomst vaker aangesproken worden. Vaker dan nu het geval is, zal de afvoercapaciteit ook onvoldoende zijn. Dit omdat er méér water toestroomt vanuit het deelgebied, en tegelijkertijd de afvoercapaciteit afneemt door de stijging van de zeespiegel.

Droogte en hitte

Bij langdurige droogte en hitte is er vanuit het deelgebied rond het Amsterdam-Rijnkanaal, grote vraag naar zoetwater (voor de landbouw, de natuur en als drinkwater). Zoetwater is ook nodig om het zout terug te dringen dat via de schutsluizen bij IJmuiden in het Noordzeekanaal terecht komt. (Dit zoetwater wordt via de Prinses Irenesluizen aangevoerd vanuit de Waal en Nederrijn). De grote vraag kan leiden tot een tekort aan zoetwater voor de verschillende gebruikers(functies).

Deelgebied Het Grote Pand (Brabantse Kanalen)

De Zuid-Willemsvaart en het Wilhelminakanaal staan bij Aarle Rixtel in directe verbinding met elkaar (het 'Grote Pand'). Het Grote Pand ontvangt met name water van de Aa, Bakelse Aa en de Dommel. Bij hevige neerslag is het Grote Pand gevoelig voor wateroverlast, direct vanuit de neerslag en als gevolg van de afvoer van boezemwater vanuit het regionale systeem. Wateroverlast kan leiden tot vaarbeperkingen en tot 'natte voeten' in de directe omgeving.

Deelgebied Twentekanal en Gemaal Eefde

De Twentekanalen zijn via het gemaal- en sluiscomplex Eefde verbonden met de IJssel. Het waterpeil op deze kanalen is volledig gereguleerd en is normaal gesproken 6 tot 7 meter hoger dan op de IJssel.

De kanalen bestaan uit drie panden, te weten:

1. Eefde – Delden.
2. Delden – Hengelo, inclusief Zijtak Almelo.
3. Hengelo – Enschede.

De Twentekanalen zijn kwetsbaar voor droogte en hitte en wateroverlast.

Droogte en hitte

Gemaal- en sluiscomplex Eefde en de Twentekanalen zijn kwetsbaar voor droogte en hitte. Bij lage waterstanden op de IJssel is het niet altijd mogelijk om water op te pompen vanuit de IJssel richting de Twentekanalen.

Wateroverlast

De afvoer van water bij Eefde naar de IJssel vindt plaats via een aflat. Bij hoge waterstanden op de IJssel is dit aflatwerk een mogelijk knelpunt, omdat er dan niet voldoende water afgevoerd kan worden.

Deelgebied Grensmaas

De Grensmaas – op de grens van België en Nederland – is het onbevaarbare deel van de Maas en loopt van Maastricht tot Roosteren. De scheepvaart wordt hier over het nabijgelegen Julianakanaal geleid.

De verdeling van het water over de Grensmaas en het Julianakanaal is vastgesteld in het Maasafvoerdrag – dit zijn afspraken tussen Nederland en Vlaanderen – en wordt geregeld via stuw Borgharen. Door de variabele afvoer van de Maas – deze is namelijk afhankelijk van neerslag in de Ardennen en Noord-Frankrijk, maar ook vanwege het beheer van de stuwen en waterkrachtcentrales in Wallonië – variëren deze hoeveelheden heel sterk.

De klimaatverandering en de sociaaleconomische ontwikkelingen in het stroomgebied van de Maas beïnvloeden de afvoer. Door onder meer een grotere regionale watervraag én geringere aanvoer vanuit België neemt het debiet van de Grensmaas af. Voor de Deltascenario's Warm en Stoom wordt bijna jaarlijks een overschrijding verwacht van het minimale debiet van 10 m³/s. Dit heeft gevolgen voor de waterkwaliteit; lagere afvoeren leiden tot hogere concentraties van schadelijke stoffen die door lozingen in het Maaswater terecht komen. Ook de beschikbaarheid van water voor de landbouw en de natuur komt in het gedrang.

Spui- en maalcomplex Terneuzen

Kanaal Gent-Terneuzen vormt de verbinding tussen de Westerschelde en de Ringvaart bij Gent (België). Het kanaal bestaat uit één pand en staat via de sluis bij Evergem (niet in beheer RWS) in verbinding met de Ringvaart en via sluis Terneuzen met de Westerschelde.

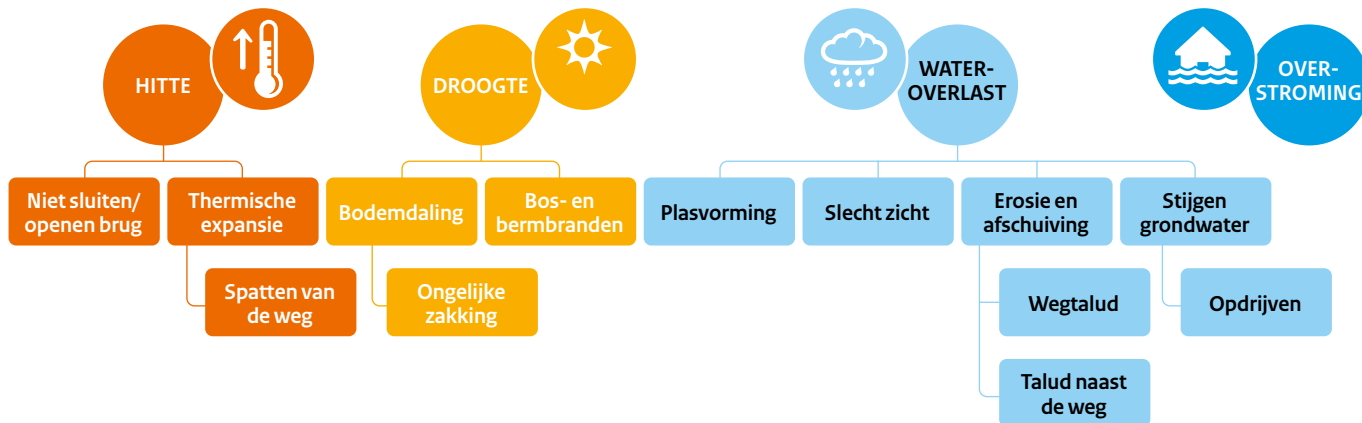
Spui- en sluizencomplex Terneuzen is gevoelig voor verandering in wateraanvoer vanuit Vlaanderen. Zowel in tijden van droogte (lage wateraanvoer) als in 'natte tijden' als gevolg van (hevige) neerslag (hoge wateraanvoer). In combinatie met de zeespiegelstijging, zal hierdoor ook de verzilting van het kanaal Terneuzen via het spui- en sluizencomplex toenemen. Zeker wanneer er ook langere (droge) periodes zijn met een verminderde zoetwateraanvoer vanuit Vlaanderen.

2.3 Resultaten stresstesten Hoofdwegennet



In 2019 is de stresstest Hoofdwegennet (HWN) uitgevoerd. Aansluitend hebben de regionale diensten van Rijkswaterstaat in 2020 en 2021 de effecten van klimaatverandering en de impact ervan op het HWN gevalideerd. In figuur 1 is aangegeven welke klimaatdreigingen voor het HWN zijn onderzocht en wat globaal de gevolgen daarvan zijn.

Figuur 1: Klimaatdreigingen HWN



Gevolgen

Schade met als gevolg herstel infrastructuur niet/minder beschikbaar met als mogelijk gevolg stremming, meer/eerder onderhoud nodig, minder veilig met als mogelijk gevolg ongelukken, milieuschade, imagoschade.

Hierbij zijn verschillende ‘hotspots’ (kwetsbare locaties met grote impact) geconstateerd en gevalideerd voor de bedreigingen hitte, droogte en wateroverlast. In deze paragraaf beschrijven we de meest voorkomende dreigingen met enkele voorbeelden van hotspots.

Wateroverlast (toename gemiddelde hoeveelheid neerslag en meer extreme buien)

Extreme neerslag kan leiden tot **wateroverlast** waardoor er **plassen op de weg** kunnen ontstaan en waardoor er **erosie en afschuiving** plaats kan vinden van **wegtaluds**. Ook verdiepte liggingen en tunnels kunnen bij extreme neerslag onderlopen als ze hier niet op gebouwd zijn. Voorbeelden hiervan zijn de Botlektunnel, de Heinenoordtunnel, de tunnelbak Prinsenbeek A16 bij Breda, de Prinses Margrietunnel in de A7 bij Sneek en het aquaduct in de A4. **Plasvorming bij tunnels en verdiepte liggingen** verdient hierbij extra aandacht; omdat de stremmingen langer duren, is de impact hiervan naar verwachting groter. De Heinenoordtunnel - een belangrijke schakel in de A29 van en naar Rotterdam - is nu bijvoorbeeld al veelvuldig een knelpunt. Door klimaatverandering zullen deze gebeurtenissen vaker gaan voorkomen. Met name op de ringwegen in de Randstad en rond grote steden kan dit tot grote vertragingen leiden.

Naast hevige piekbuien die leiden tot acute wateroverlast is er door klimaatverandering ook sprake van **gemiddeld meer neerslag** in Nederland. Dit leidt tot **hogere grondwaterstanden**, waardoor het risico op het **opdrijven van tunnels/toeritten** kan toenemen. Ook kan dit gevolgen hebben voor locaties waar AVI-slakken zijn toegepast in de onderbouw. Deze mogen namelijk niet in het grondwater liggen in verband met mogelijke uitloging. Het aquaduct Steenberg A4 en de A58 Vlaketunnel en de Velsertunnel zijn hier bijvoorbeeld gevoelig voor.

Het opdrijven van tunnels kan leiden tot grote schade en langdurige stremmingen.

Overstromingen van wegen kunnen plaatsvinden door het overlopen of bezwijken van primaire of regionale waterkeringen of vanuit het regionale oppervlaktewatersysteem.

De kans op overstromingen vanuit de **primaire keringen** is over het algemeen zeer klein, maar de gevolgen zijn groot. In het rivierengebied daarentegen is deze kans op sommige locaties relatief groot, namelijk plaatselijk rond de 1:100 (dat wil zeggen: een kans van eens in de honderd jaar). In dit geval kunnen grote delen van wegen meters onder water komen te staan.

De kans op overstromingen vanuit de **regionale keringen** of vanuit buitendijkse gebieden is in het algemeen groter. De gevolgen zijn hierbij juist kleiner omdat de wegen minder diep onder water komen te staan. Desondanks zal ook hier de economische schade groot zijn.

Hitte

Hitte heeft meerdere belangrijke gevolgen voor het HWN. Extreem hoge temperaturen (zoals in 2020) kunnen leiden tot **klemmende bruggen**.

Hierdoor kan er grote schade optreden aan de brugconstructie én er treedt stremming op van de scheepvaart en het wegverkeer (zie ook paragraaf 2.4: raakvlakken). De potentiële gevolgen voor de bereikbaarheid én voor de economie zijn groot.

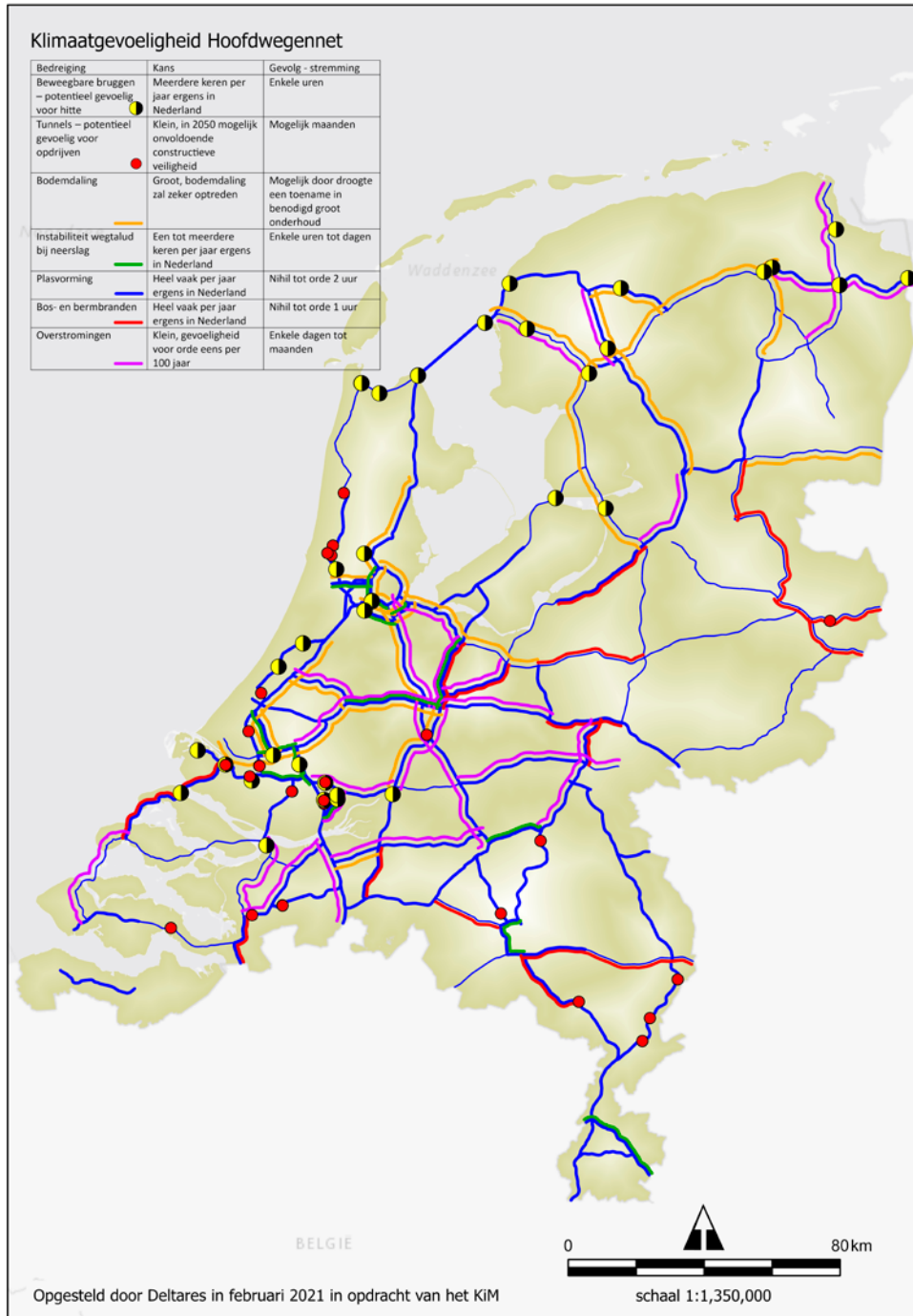
Daarnaast is er kans op **thermische expansie** (spatten van de weg) bij bepaalde funderingsmaterialen. Voorbeelden zijn de tunnelbak Prinsenbeek A16, (een locatie op de A59), het wegennet ten westen van Roosendaal en de A6 Lelystad-Ketelbrug. Tot slot geven extreem hoge temperaturen een risico op **storingen in elektrische systemen**.

Droogte

Droogte leidt tot een toename aan **bermbranden**. In het droge jaar 2018 waren er drie keer zoveel bermbranden als in een gemiddeld jaar. Bermbranden kunnen door het hele land voorkomen, maar de kans op bermbranden op zandige grond en in bos- en of natuurgebieden is groter dan op andere plaatsen. De gevolgrisco's zijn het grootst in bosgebieden op zandgronden die in de zomer kunnen verdrogen. Voorbeelden zijn de A1 Apeldoorn-Deventer en de A50 ten noorden van Apeldoorn.

Op de lange termijn leidt droogte ook tot een **versnelde bodemdaling** in zakkingsgevoelige gebieden (met veen en kleigrond). Ongelijkmatige zakking, bijvoorbeeld bij viaducten in veengebieden, kan grote negatieve gevolgen hebben. Voorbeelden van zogenoemde **golvende wegen** zijn de A12 bij Gouda, de ring A10 Noord en Zuid en de A6 Lelystad-Almere. Als het kunstwerk en de weg anders verzakken omdat zij verschillende funderingen hebben, kan dit voor onveilige situaties zorgen. Aanvullend onderzoek is nodig om deze gevolgen beter in kaart te brengen.

Omdat **vorst, mist en wind** niet significant gaan toenemen als gevolg van klimaatverandering (KNMI klimaatscenario's 2014), komen deze niet in de stresstest naar voren. Door *samenloop van bedreigingen* kunnen er echter wel risico's ontstaán. Voorbeelden zijn: **valwinden** ten tijde van extreme neerslag en een mogelijke toename van **extreme westenwind** (met het risico van zand over de weg aan de Westkust). Dit zal nader onderzocht worden in de volgende ronde stresstesten.



Gevoeligheid van het Hoofdwegennet voor zeven negatieve effecten die door het klimaat beïnvloed worden. (Klimaatverandering en het mobiliteitssysteem, KIM, juli 2021)

2.4 Raakvlakken tussen de stresstesten

In voorgaande paragrafen is de kwetsbaarheid voor klimaatverandering van elk afzonderlijk netwerk in kaart gebracht. Op een aantal plekken raken de risico's op de afzonderlijke netwerken elkaar. In deze paragraaf brengen we de belangrijkste raakvlakken tussen HVWN, HWS en HWN in beeld.

Raakvlakken tussen HWS en HVWN:

Qua functie zijn het HWS en het HVWN twee zelfstandige netwerken (waarbij scheepvaart een functie is van het HWS), maar in 'fysieke' zin overlappen de twee netwerken elkaar grotendeels. Ingrepen in het HWS beïnvloeden dus vrijwel altijd het HVWN en vice versa. Het is daarom essentieel om het watersysteem zoveel mogelijk integraal en in samenhang te bekijken.

We zien in de stresstesten dat er met name bij objecten/kunstwerken (zoals sluizen, stuwen, gemalen) een sterke onderlinge relatie is tussen HVWN en HWS. Alle kwetsbare **objecten** vanuit de stresstest HWS zijn óók een knelpunt vanuit de stresstest HVWN. De kwetsbare **deelsystemen** vanuit de stresstest HWS overlappen deels met de kwetsbare deelsystemen vanuit de stresstest HVWN. Overlap vindt bijvoorbeeld plaats bij:

- *Verschillende sluizen*: deze zijn kwetsbaar voor droogte (watertekort) en daardoor voor verzilting.
Verziltingsmaatregelen bij sluizen kunnen leiden tot (toenemende) schutbeperkingen voor de scheepvaart, zo blijkt uit de stresstest indirecte bedreigingen HVWN. Dit geldt bijvoorbeeld voor de Zeesluizen IJmuiden en Terneuzen, sluizen op het IJsselmeer (Stevin- en Lorentzsluizen) en de sluis bij Farmsum in de hoofdvaarweg Lemmer-Delfzijl.
- *Gemalen*: deze zijn kwetsbaar voor droogte en hitte. De stresstest van het HWS laat zien dat Gemaal Eefde is kwetsbaar voor droogte en hitte. Dit kan leiden tot **schutbeperkingen voor de scheepvaart als het watertekort zo groot wordt dat het gemaal het water niet meer kan oppompen**.
- *Waterbeheer*: een aantal schutsluizen wordt ook ingezet voor spuien of voor extra waterinlaat. Deze sluizen zijn dan tijdelijk gestremd voor de scheepvaart (dit gebeurt bijvoorbeeld bij het Spui- en sluizencomplex Terneuzen en bij de Prins Bernhardsluizen).
- *De (Grens-)Maas*: de rivier is kwetsbaar voor droogte en hitte blijkt uit de stresstest van het HWS. Voor het HVWN zijn de Maas en het Julianakanaal kwetsbaar voor droogte. Als er minder water beschikbaar is 'op' de Maas, heeft dit direct effect op de beschikbaarheid van water in het kanalenstelsel. Met name bij de sluizen Born, Maasbracht en Heel kan dit leiden tot schutbeperkingen voor de scheepvaart. De **waterverdeling** tussen de Grensmaas en het Julianakanaal in tijden van droogte is een belangrijk raakvlak dat in samenhang beschouwd moet worden.
- *De Rijntakken (Nederrijn, Waal en IJssel)*: deze rivieren zijn kwetsbaar voor droogte en hitte. Dit geldt zowel voor het HWS als HVWN, zo blijkt uit de stresstest. Hier komt bij dat droogtemaatregelen vanuit het Deltaplan Zoetwater (DP ZW) tot nieuwe afvoerverdelingen kunnen leiden. Op de Waal, de Lek en de IJssel kunnen droge situaties leiden tot lagere waterstanden en dus lagere vaardiepte voor de scheepvaart.
- *Aanzanding en bodemerosie*: Uit de stresstest van het HVWN blijkt dat het lange voorpand tussen de sluis Eefde en de IJssel een steeds groter fysiek knelpunt gaat worden door aanzanding in combinatie met een dalende rivierbodem. Dit probleem speelt ook bij de sluizen Weurt, Tiel, St-Andries en Zwolle.

Raakvlakken tussen HWN en HVWN:

Het HWN en HVWN maken beiden deel uit van het transportnetwerk van Nederland. Het is daarom belangrijk de invloed van klimaatverandering op de vervoersmogelijkheden van deze twee netwerken ook in samenhang te bekijken.

Het belangrijkste fysieke raakvlak tussen het HWN en HVWN zijn de **beweegbare bruggen**. **Verminderde doorvaarthoogte** bij bruggen door hoogwater kan er toe leiden dat beweegbare bruggen vaker open moeten. Dit kan gevolgen hebben voor het weg- en spoorverkeer, met name in de Rijn-Maasmonding (bijvoorbeeld de Botlekbrug, de Spijkenisserbrug en de Algerabrug). De spoorbrug bij Dordrecht vormt een potentieel knelpunt voor het spoor. Op de IJssel vormen de spoor- en stadsbrug bij Zutphen een mogelijk knelpunt voor kruisend verkeer.

Bij beweegbare bruggen kan hitte leiden tot het **uitzetten ('klemmen') van brugdelen**. Ook de bediening kan het laten afweten. Hierdoor kan stremming van het HWN en/of het HVWN ontstaan. Uit de stresstesten blijkt dat de bruggen in de Rijn-Maas monding in West-Nederland-Zuid (WNZ) hier vanuit beide stresstesten kwetsbaar voor zijn. Dit betreft onder andere de Spijkenisserbrug en de Verkeersbrug Dordrecht, en de bruggen op de vaarroutes Lemmer-Delfzijl en Gent-Terneuzen.

Bij aanleg en bij vervanging van vaste bruggen moet rekening gehouden worden met voldoende doorvaart-hoogte voor de scheepvaart.

Raakvlakken HWN en HWS:

Het HWN en HWS lopen beide het risico op **overstromingen of wateroverlast op wegen** vanuit de watersystemen. Uit de stresstest HWN blijkt dat significante overstromingskansen ($>1/100$ per jaar) met name voorkomen in het rivierengebied en rondom de Eems-Dollard in het noorden van het land. Essentiële objecten zoals verkeerscentrales of het watermanagementcentrum kunnen hierbij ook kwetsbaar zijn voor overstromingen.

Er zijn enkele delen van het HWN die, door hun functie en ligging, extra gevoelig blijken voor klimaat-effecten, met name voor overstromingen. Dit gaat bijvoorbeeld om de aanlandingsplaatsen van veren op de Waddenzee en om wegen op primaire keringen.

3. Voorbereidende en generieke maatregelen uitvoeringsagenda

Een aantal van de te treffen maatregelen die uit de (resultaten van de) stresstesten (Hoofdstuk 2) voortvloeien, hebben betrekking op alledrie de netwerken. Het gaat hierbij om voorbereidende maatregelen die het ministerie van IenW al getroffen heeft én om generieke maatregelen die effect hebben op alle netwerken. Deze maatregelen bespreken we in respectievelijk paragraaf 3.1 en paragraaf 3.2.

3.1 Reeds getroffen voorbereidende maatregelen

Het ministerie van IenW heeft al een aantal voorbereidende maatregelen getroffen met oog op klimaatbestendigheid. Zo is IenW bezig met het vergroten van bewustwording en kennis, het actualiseren van handreikingen en het uitwerken van diverse beleidstrajecten op het gebied van klimaatadaptatie.

Vergroten bewustwording en kennis:

- Publicatie van de stresstesten RWS in de Klimateffectatlas.
- Meer aandacht voor klimaatadaptatie in de update van de MIRT-Spelregels.
- Klimaatadaptatie opgenomen bij de afwegingen in het kader van Integrale MobiliteitsAnalyse (IMA), de opvolger van de Nationale Markt- en Capaciteitsanalyse (NMCA).
- Internationaal kenniscentrum 'Global Center on Adaptation' opgezet, in samenwerking met de Verenigde Naties.

Actualiseren handreikingen voor Aanleg en voor Vervanging en Renovatie (VenR):

- Spelregels Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport (MIRT).
- Handreiking verduurzaming MIRT.
- Handreiking Energie en Klimaat MIRT.
- Handreiking verduurzaming VenR.

Uitwerken beleidstrajecten:

- In vervolg op de ernstige wateroverlast in Limburg in juli 2021 heeft de minister een beleidstafel Wateroverlast en Hoogwater ingericht, om samen met alle betrokkenen te evalueren en gevolgen voor beleid te bepalen. De huidige inzichten die opgedaan zijn bij het programma Klimaatbestendige Netwerken worden hier ingebracht.
- In het kader van de Nationale Adaptatiestrategie (NAS) wordt de komende jaren een herijking van de nationale klimaatrisico-assessment uitgevoerd. Dit leidt tot een actueel inzicht in de risico's en gevolgen van klimaatverandering voor een groot aantal beleidsvelden, waaronder ook infrastructuur.
- Er wordt door beleid en uitvoering gewerkt aan afspraken over het klimaatbestendig maken van de Rijksinfrastructuur. Met als doel dit in te bedden in de reguliere besluitvormingsprocessen.
- Zo wordt, voor de inzet van wegen met het oog op overstromingen, beleid ontwikkeld in het kader van 'Vitaal en Kwetsbaar': wat zijn de randvoorwaarden voor het nemen van maatregelen? En wat zijn dan die maatregelen?

3.2 Generieke maatregelen

Er zijn maatregelen die wenselijk zijn om generiek te nemen voor alle netwerken. Het gaat hier om de volgende vier (generieke) maatregelen: aanpassing van kaders en richtlijnen, aanpassing van werkprocessen, monitoring en verankering in crisismanagement. Onderstaand gaan we dieper in op elke maatregel.

Aanpassing van kaders en richtlijnen

Kaders en richtlijnen van RWS zullen moeten worden aangepast aan klimaatverandering. Bij voorkeur op basis van de meest recente inzichten beschreven in de KNMI-klimaatscenario's en de uitkomsten van de stresstesten per netwerk.⁵ Nader onderzoek door en afstemming met experts van diverse disciplines is nodig om te bepalen voor welke kaders en richtlijnen dit geldt. In sommige gevallen kunnen deze richtlijnen op basis van bestaande kennis eenvoudig worden aangepast. In andere gevallen is kennisontwikkeling nodig, bijvoorbeeld bij hitte bij bruggen (impact op elektronica), bodemdaling en plasvorming (onderzoek afwatering ZOAB).

Aanpassing van werkprocessen

Veel maatregelen zouden (nu al) kosteneffectief meegenomen kunnen worden bij aanleg, vervanging en renovatie of onderhoud. Omdat het implementeren van dezelfde maatregelen in bestaande infrastructuur minder efficiënt is, is het van belang om met klimaatadaptatie waar mogelijk aan te sluiten bij de werkprocessen en programmering van:

- **Beheer en Onderhoud van infrastructuur (BenO):** Er zijn veel beheermaatregelen die relatief weinig kosten, veel impact bewerkstelligen en met bestaande BenO-cycli kunnen worden meegenomen.
- **Vervanging en Renovatie van infrastructuur (VenR):** In tegenstelling tot BenO, vindt VenR in grotere cycli plaats, afhankelijk van functionele en technische levensduur. Het meenemen van klimaatadaptatie in de vervanging en renovatie van bestaande wegen is een (kosten)efficiënte maatregel. Dit vereist kaders, richtlijnen, sturing en monitoring om dit te kunnen inbedden in de werkprocessen van Rijkswaterstaat.
- **Aanleg van nieuwe infrastructuur (MIRT):** net als bij VenR is het ook (kosten)efficiënt om al bij de aanleg van nieuwe infrastructuur klimaatadaptatie als een belangrijke randvoorwaarde mee te nemen (in alle stappen van het proces, vanaf tracékeuzes tot en met ontwerpkeuzes).

Monitoring

Behalve aanvullend onderzoek, is er ook meer aandacht nodig voor het monitoren van klimaateffecten op de netwerken én voor het evalueren van de maatregelen die in MIRT-projecten en bij onderhoudsprojecten genomen zijn op het gebied van klimaatadaptatie. Voor een groot deel is de monitoring al beschreven onder de maatregelen per netwerk, maar het is van belang hier aandacht voor te houden en periodiek de onderzoeksagenda te actualiseren.

Verankering in crisismanagement

Als zich door klimaatverandering crisissituaties voordoen, is het belangrijk dat hier vooraf over nagedacht is. Dit vereist voorbereiding en afstemming met betrokken experts en met andere overheden en partners. En aanpassing van verkeers- en crisismanagement van RWS. Binnen het programma Vitaal en Kwetsbaar - gerelateerd aan de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie - wordt hieraan invulling gegeven.

⁵ Dit is voor een deel reeds gedaan door aanpassing van de richtlijnen voor hemelwaterafvoer van wegen en tunnels (2018), de MIRT-spelregels en de opname van klimaatadaptatie in de Handreiking verduurzaming, energie en klimaat MIRT.

4. Maatregelen uitvoeringsagenda

Zoals eerder aangegeven is bij het uitwerken van maatregelen een integrale aanpak belangrijk, met name bij de raakvlakken (zie paragraaf 2.4). Dit helpt om de wederzijdse effecten van maatregelen goed in beeld te brengen en in samenhang af te wegen. Dit hoofdstuk gaat verder in op de maatregelen per netwerk.

4.1 Maatregelen uitvoeringsagenda Hoofdvaarwegennet



4.1.1 Inleiding maatregelen Hoofdvaarwegennet

De vaarwegen hebben een belangrijke functie voor de Nederlandse economie. Klimaatverandering zal, zo blijkt uit de stresstesten, in de toekomst leiden tot steeds meer risico's en knelpunten voor de bevaarbaarheid. De uitvoeringsagenda Klimaatbestendige Netwerken stelt maatregelen voor om deze knelpunten op te lossen of te verkleinen. Voor een deel van deze maatregelen is (al) financiële dekking, omdat deze worden opgepakt in reguliere trajecten (zoals BenO, MIRT, VenR en grote integrale projecten zoals Integraal Riviermanagement (IRM)).

Deze uitvoeringsagenda zorgt daarnaast voor vervolgonderzoek, agendering van eventuele nieuwe knelpunten en verbinding tussen de analyse en de uitvoeringspraktijk. Bijvoorbeeld door maatregelen door te vertalen in werkprocessen en kaders. Maar ook door betrokken partijen (vaarweggebruikers, andere beheerders en stakeholders) met elkaar te verbinden in risicodialogen en andere acties.

In de volgende paragrafen staat beschreven welke maatregelen de komende jaren worden ingezet om knelpunten op het HVWN aan te pakken. De maatregelen zijn gegroepeerd per klimaatdreiging (droogte, hoogwater, hitte). Ook het benodigd vervolgonderzoek is opgenomen in deze uitvoeringsagenda van het HVWN.

4.1.2 *Maatregelen Hoofdvaarwegennet droogte*

Droogte, in combinatie met bodemerisatie, vormt de grootste bedreiging voor de bevaarbaarheid van het HVWN. Daarom worden voor deze bedreiging de meeste en meest omvangrijke maatregelen ingezet. Ook omdat een diepgangknelpunt in de meeste gevallen een probleem oplevert voor vrijwel de **gehele corridor**, volstaan lokale ingrepen niet maar is een systeemgreep nodig (zoals het tegengaan van bodemerisatie of de verandering van de waterverdeling op een heel traject).

Dit vraagt om een zorgvuldige uitwerking en samenwerking met andere stakeholders in meerdere programma's. Een groot aantal maatregelen zal de komende jaren daarom bestaan uit **studies, globale aanpakken en 'doelpakketten'**. Op basis van de stresstesten, de uitkomsten van de risicodialogen en ook reeds eerder uitgevoerde MIRT-Onderzoeken (onder andere MIRT-Onderzoek Duurzame bodemligging Rijntakken en MIRT-Onderzoek Vergroten robuustheid vaarwegen) zijn verder diverse acties ingezet om het HVWN klimaatbestendiger en robuuster te maken. Een groot deel van deze maatregelen is ook bekrachtigd in het bestuurlijk overleg MIRT Goederenvervoer van november 2020.

Rijntakken en Maas

Voor de aanpak van droogte op de Rijntakken en de Maas zijn de volgende maatregelen gepland of (al) in uitvoering genomen:

Pilot aanpak vaste laag Nijmegen (€ 8 mln.) – zie de toelichting in het kader onder deze tabel. In de pilot wordt getracht de vaste laag te egaliseren en vooral de erosiekuil aan te pakken die net beneden de vaste laag ligt. Deze kuil zorgt voor flinke waterstandsval boven de laag. De pilot is bedoeld om na te gaan of en hoe andere vaste lagen kunnen worden aangepakt. De potentie van deze aanpak is groot; er kan mogelijk tot 65 cm **diepgangwinst** worden bereikt.

Pilot aanleg langsdammen (€ 35 mln.) - Op de Midden-Waal tussen Wamel en Ophemert zijn langsdammen aangelegd als gezamenlijk pilotproject vanuit de scheepvaart en de RWS-Programma's Kaderrichtlijn Water en Ruimte voor de Rivier. Deze pilot - met paraleldammen tussen de vaargeul en de oever - moet aantonen of een combinatie van doelen kan worden gerealiseerd: **betera scheepvaartcondities bij droogte, grotere afvoercapaciteit bij hoogwater én betere ecologische condities langs de oever.**

Integraal Riviermanagement (IRM) - De uitkomsten van de 'IRM'-pilots geven belangrijke informatie voor het structureel aanpakken van bodemknelpunten op de rivieren. Als onderdeel van IRM wordt gewerkt aan een beleidsbeslissing Bodemligging. Afhankelijk van de keuze stopt hierdoor de bodemerisatie en/of wordt deze teruggedraaid naar een niveau van tien of twintig jaar geleden, waarna de bodem stabiel moet worden gehouden. Dit **voorkomt verergering van de vaardiepte-problemen en neemt knelpunten weg**. Naar aanleiding van de droogte in 2018 en voor het structureel op orde brengen van de rivierbodem is er een reservering getroffen van € 53 mln. Daarnaast is er vorig jaar, vooruitlopend op een IRM-beleidsbeslissing - aanvullend binnen het Infrastructuurfonds € 100 mln. gereserveerd voor het aanpakken van laagwater/bodemknelpunten voor de scheepvaart op de grote rivieren. Vanwege de samenhang met andere opgaven in het rivierengebied wordt deze reservering nu verder uitgewerkt naar concrete projecten in IRM-verband.

MIRT-onderzoek oplossingen knelpunt brug Zutphen - Bij lage waterstanden ervaart de scheepvaart hinder van de brugpijlers bij de stadsbrug Zutphen. In een MIRT-onderzoek worden de opties voor de aanpak **van de problemen rondom de bruggen van Zutphen** verkend. Mogelijk leidt het MIRT-onderzoek tot een vervolgproject.

MIRT-onderzoek optimale aanpak sluiscomplex Weurt - Sluis Weurt is aangemerkt als robuustheids-knelpunt in de IMA-2021. In een MIRT-onderzoek wordt de **toekomstige capaciteitsvraag verder kwantitatief onderbouwd en wordt naar oplossingsrichtingen gekeken**. Het vraagstuk kent meerdere invloedsfactoren zoals de capaciteit van de kolken zelf, de aansluiting van de voorhaven op de rivier, de ligging van de sluisdrempels, de storingsgevoeligheid van het complex en het toekomstige verkeersaanbod. Mogelijk leidt het MIRT-onderzoek tot een vervolgproject.

MIRT-onderzoek integrale aanpak sluis en stuw Grave - De IMA-2021 identificeert de beperkte afmetingen van sluis Grave en de ondiepe ligging van de leidingenstraat bij Niftrik als robuustheids-knelpunten. De Maas is een hoofdvaarweg én een belangrijke omleidingsroute in geval van laag water op de Waal. In een MIRT-onderzoek wordt onderzocht hoe **het vaarwegtracé optimaal kan worden ingericht tot klasse Vb-vaarweg**, waarbij de omgeving (onder andere de stuw en de brug) wordt meegenomen in een integrale aanpak. Mogelijk leidt het MIRT-onderzoek tot een vervolgproject.

MIRT-onderzoek vergroten pompcapaciteit sluiscomplexen - In een MIRT-onderzoek wordt onderzocht bij welke droogtegevoelige sluizen het nodig en effectief is om pompen te installeren of bestaande pompcapaciteit te vergroten. Hiermee kan **waterverlies als gevolg van het schutten worden gecompenseerd** en blijft de route betrouwbaar voor de scheepvaart. Mogelijk leidt het MIRT-onderzoek tot een vervolgproject.

Aanpak verbetering ligplaatsdata RWS - Ligplaatsen spelen een belangrijke rol voor veilig rusten en overnachten van schippers. In geval van droogte is het nog belangrijker dat **schippers 'real time' weten, waar wachtplekken beschikbaar zijn**. Het Binnenvaart Ligplaats Informatiesysteem (BLIS) wordt geactualiseerd en uitgebreid met ligplaatsen van zowel Rijk als regionale overheden.

Huidige inzet MGD's en waterstandsvoorspellingen - Rijkswaterstaat (RWS) verzorgt uitgebreide berichtgeving aan de scheepvaart omtrent waterstanden, die vier dagen vooruit worden voorspeld. Bovendien is een **pluimvoorspelling** van 14 dagen beschikbaar. Daarnaast bepaalt RWS tijdens droogte met meetvaartuigen elke dag de zgn. **minst gepeilde diepte (MGD)** op drie segmenten van de Rijntakken, zodat de scheepvaart zich hier qua belading op kan richten.

Internationale afstemming - De Rijn en de Maas houden niet op bij onze landsgrenzen. Daarom is **samenwerking en afstemming met onze buurlanden** essentieel. Daarbij worden drie sporen onderscheiden:

- bilateraal overleg met Duitsland over de aanpak van de Rijn en bepalen inzet Nederland.
- multilateraal overleg met de Rijnsoeverstaten (inclusief België) via de Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR; scheepvaart), de Internationale Commissie voor de Bescherming van de Rijn (ICBR; ecologie) en de Internationale Commissie voor de Hydrologie van het Rijngebied (CHR; hydrologie).
- bilateraal overleg met België ten behoeve van afstemming van de IRM-keuze voor de Maas.

Voorbeeldproject: Pilot aanpak harde laag Nijmegen

Dit is voor de scheepvaart een bekend knelpunt: de harde laag op de bodem van de Waal bij Nijmegen. Door het uitschuren van de rivierbodem rond deze stenen laag ontstaat bij laagwater een drempel. Dit zorgt voor afname van de bevaarbaarheid van de Waal. Met een toename aan drogere periodes met lage rivierafvoeren zal dit probleem in de toekomst groeien. Deze pilot verbetert de bevaarbaarheid van de Waal voor de korte termijn én levert informatie op voor een structurele oplossing. Dit wordt in IRM-verband uitgewerkt.

De eerste maatregelen zijn al door Rijkswaterstaat uitgevoerd:



1. Het verwijderen van stenen en rommel van de vaste laag (succesvol uitgevoerd).
2. Het slim opvullen van de erosiekuil die is ontstaan achter de vaste laag door middel van suppleties (in uitvoering).
3. Suppletie in de kribvakken naast de vaste laag, voor lange termijn houdbaarheid.



Deze succesvolle pilot verbetert de klimaatbestendigheid van het vaarwegennet op de korte termijn. De pilot is voorbereidend op een duurzaam beheer van de rivierbodem.

Meer informatie:

- Project uitgelicht: Aanpak harde laag rivierbodem bij Nijmegen, deltaprogramma, publicatie | 09-06-2020, <https://www.deltaprogramma.nl/documenten/publicaties/2020/06/09/aanpak-harde-laag-rivierbodem-bij-nijmegen>
- Werkzaamheden vaste laag Nijmegen starten op 29 september 2020, Rijkswaterstaat, 29-09-2020, <https://www.rijkswaterstaat.nl/nieuws/archief/2020/09/werkzaamheden-vaste-laag-nijmegen-starten-op-29-september-2020>

4.1.3

Maatregelen Hoofdvaarwegennet hoogwater

Ook voor bruggen geldt dat één te lage brug impact heeft op de hele corridor. Bovendien zijn bruggen vaak in dezelfde bouwperiode en onder dezelfde normhoogtes aangelegd, zodat aanpak van slechts één brug vaak niet toereikend is.

In 2017 is, mede op verzoek van de binnenvaartsector, onderzocht of het kosten-baten-technisch haalbaar is om op sommige corridors de bruggen te verhogen naar een nieuwe norm: van 9,10 m naar 11,35 m. Aanleiding is de toename van het aantal (30 cm hogere) high cube-containers in het internationale containervervoer. Uit de daaropvolgende studies is gebleken, dat dit niet haalbaar is en dat 9,10 m de vigerende hoogtenorm blijft. Wel moet nu bij *nieuwe* hoogwatergevoelige bruggen een 11,35 m-scenario worden onderzocht ten behoeve van een duurzame doorvaarthoogte. Dit betreft de volgende maatregel:

Uitgangspunten doorvaarthoogte - De hierboven besproken uitkomsten en besluiten zijn vastgelegd in een Kamerbrief. Ze gelden sinds juni 2019 en hebben vooral effect bij vervanging en renovatie van bruggen. Voor de **belangrijkste corridors en hoogwatergevoelige bruggen wordt een nieuwe afweging** gemaakt.

Gezien de uitkomsten van de kosten-batenanalyse van de brughoogtes en de geringe impact die blijkt uit de stresstesten, is nader ingrijpen *op dit moment* niet aan de orde. Wel moet op internationaal niveau worden afgestemd hoe de Rijnsoeverstaten in de toekomst omgaan met hoogwater enerzijds en de steeds grotere en hogere containers anderzijds. Dit leidt tot de volgende maatregel:

Internationale afstemming - In samenwerking met de Rijnsoeverstaten kan worden onderzocht, of er draagvlak is voor het aanpassen van de internationale Rijnvaarthoogte voor nieuwe en te vervangen bruggen. Dit lost op korte termijn niet de doorvaarthoogteproblemen op, maar voorkomt wel dat ze persisteren. Zowel Nederland als Duitsland kent een aanzienlijke opgave qua vervanging van bestaande bruggen in de komende jaren. Nederland zal een voorstel doen bij de Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) om een **stresstest doorvaarthoogte op internationaal Rijnniveau** uit te voeren.

4.1.4

Maatregelen Hoofdvaarwegennet hitte

Er worden nu al maatregelen ingezet om de negatieve effecten van hitte zoveel mogelijk te beperken. Zo worden de aanbevelingen van het Landelijk Advies- en Coördinatieteam (LAC) Scheepvaart inmiddels uitgevoerd:

Koelen en overige LAC-maatregelen - Voor alle hittegevoelige bruggen van Rijkwaterstaat bestaat reeds een inventarisatie van hittemaatregelen die worden toegepast. **Koelen** blijkt de meest effectieve maatregel te zijn. Incidenteel worden **brugdekken ingekort**.

Voor hitte bij bruggen geldt *op dit moment* dat de huidige (LAC-)maatregelen toereikend zijn om de hinder als gevolg van hitte te voorkomen. Door klimaatverandering zullen de bruggen wel vaker en langduriger moeten worden gekoeld, waardoor de kosten van de huidige maatregelen zullen toenemen (hittedreiging: +50% in 2050 bij snelle klimaatverandering).

Om in de toekomst hittemaatregelen effectief in te kunnen zetten, is het nodig om de *best practices* die in de diverse regio's worden toegepast, uit te werken in een landelijke hittestrategie:

Opstellen hittestrategie - De geïnventariseerde LAC-maatregelen en de best practices ten aanzien van de aanpak van hitteproblemen kunnen het best worden geborgd als een op te stellen *landelijk hittestrategie*. Deze strategie moet onder andere uitwerking krijgen in standaard werkwijzers en contractstandaarden van Rijkswaterstaat.

4.1.5 *Maatregelen die de sector zelf kan oppakken*

Naast de maatregelen in deze uitvoeringsagenda kan de scheepvaartsector in samenwerking met de logistieke partners het volgende doen om zelf de impact van droogte te verkleinen. Er kan onder andere gedacht worden aan:

<i>Droogte</i>	<p>Robuuster maken vlootsamenstelling; zorgen voor een meer diverse vloot met ook kleine eenheden met geringe diepgang. Hierbij spelen opdrachtgevers, ondernemers en de bank samen de hoofdrol.</p> <p>Ontwikkelen van schepen met geringere diepgang; hierbij gaat het niet alleen om nieuwbouw, maar ook om aanpassingen aan bestaande schepen. Met name de interactie tussen de scheepsschroeven, de zuiging & (aan)stroming en de diepgang kan in veel gevallen worden verbeterd.</p> <p>Anticiperend voorraadbeheer en slimme timing van transport; mits de opslagcapaciteit dit toestaat, kan een droogteperiode worden overbrugd door op voorhand extra voorraden aan te voeren. Ook kan het tijdelijk uitstellen van het transport centimeters tot decimeters aan meer waterdiepte opleveren, en daarmee tientallen tot honderden tonnen extra vracht per reis. Goede voorspelling van droogte is daarbij essentieel. Bedrijfsleven en wetenschap pakken dit bij voorkeur samen op.</p>
<i>Hoogwater</i>	<p>Timing van transport; wachten totdat een hoogwatergolf voorbij is, eventueel voorafgegaan door tijdelijke vergroting van voorraden.</p> <p>Ballasten; veel containerschepen kunnen met behulp van ballasttanks de inzinking van het schip vergroten en daardoor de 'kruiphoogte' (tijdelijk) verminderen. Wanneer dit over grote afstanden noodzakelijk is, betekent dit wel een toename van het energieverbruik en dus de brandstofkosten.</p> <p>Extra bak meenemen; vrijwel alle containerschepen zijn technisch in staat om een extra (duw)bak mee te nemen, vóór dan wel langs zij het schip. Uiteraard leidt dit tot extra brandstofverbruik, maar het vergroot tegelijkertijd de vervoerscapaciteit aanzienlijk.</p>

Het bovenstaande is a priori een taak van de markt zelf. Mogelijke acties van IenW zijn in deze slechts informerend en agenderend.

4.1.6 *Vervolgonderzoek stresstest Hoofdvaarwegennet*

Met de bedreigingen droogte, hoogwater en hitte zijn de belangrijkste klimaatbedreigingen voor HVWN in beeld. Er wordt echter nog vervolgonderzoek gedaan:

- *Stresstest extreem weer* - met deze stresstest wordt gewacht totdat de hoofdlijnen van de nieuwe KNMI-klimaatscenario's beschikbaar zijn. Extreem weer kan gevolgen hebben voor de scheepvaart door verslechtering van het zicht (mist en hevige neerslag) en door nadelige gevolgen van harde wind, zoals problemen bij het navigeren en bij het afmeren.
- *Aanvullend onderzoek droogte* - de ligging van kabels en leidingen wordt de komende jaren steeds duidelijker omdat ze actief worden opgespoord bij baggerwerkzaamheden. Rondom kabels en leidingen gelden standaard baggerverboden. Vooruitlopend op IRM-maatregelen die volgen uit de Beleidsbeslissing Bodem, wordt onderzocht in welke mate kabels en leidingen diepgangknelpunten in de huidige situatie veroorzaken en welke opties mogelijk en haalbaar zijn om deze knelpunten weg te nemen.

Verder vervolgonderzoek in 2022 en later kan bestaan uit (een selectie van) de volgende onderwerpen:

- Stresstesten 'Stabiliteit en operatie kunstwerken'.
- Verdieping stresstesten hoogwater (doorvaarthoogte) voor de Maas en Rijntakken (kwantificering schade op IJssel en Maas).
- Verdieping stresstesten hoogwater (doorvaarthoogte) 'overige vaarwegen' (effect windopzet, peilbeheer, stroomsnelheden).

- Invulling strategie voor de aanpak van hitte-effect op beweegbare bruggen (welk maatregelen, hoe, wanneer, kosten).
- Verdiepend onderzoek en mogelijke maatregelen met betrekking tot indirecte bedreigingen zoals zoutindringing bij zeesluizen of zoetwatermaatregelen (in afstemming met de maatregelen voor het HWS, beschreven in paragraaf 4.2.3, onder vervolgonderzoek HWS).
- Onderzoek potentiële kwetsbaarheid Waddengeulen en Zeeuwse Delta voor zeespiegelstijging en morfologische veranderingen.
- Kwetsbaarheid kades, havens, ligplaatsen voor hoogwater.
- Opstellen van adaptieve paden richting 2050.

Onderzoek Handelingsperspectieven Droogte & IRM

Zoals eerder toegelicht, speelt Integraal Riviermanagement (IRM) een zeer grote rol in de verdere aanpak van droogte. Het KBN-onderzoek Handelingsperspectieven Droogte brengt aan de hand van transitiepaden in beeld wat er, parallel aan en in afstemming met IRM, nog meer moet worden gedaan om de droogteproblematiek aan te pakken. Centraal staat de vraag hoe de internationale afspraken voor de Rijn over de minimum waterdiepte van 2,80 m ten tijde van droogte kunnen worden gehaald en hoe dit blijvend – onder andere via beheer en onderhoud - zo kan worden behouden.

4.2 Maatregelen uitvoeringsagenda Hoofdwatersysteem

4.2.1 Inleiding maatregelen Hoofdwatersysteem

In deze uitvoeringsagenda van het HWS staat aangegeven welke maatregelen en onderzoeken worden uitgevoerd om de klimaatbestendigheid van het Hoofdwatersysteem te vergroten in de komende zes jaar. De eerste serie stresstesten en risicodialogen en deze uitvoeringsagenda laten zien dat veel van de huidige activiteiten bijdragen aan het klimaatbestendig maken en houden van dit netwerk. Rijkswaterstaat werkt (immers) al jaren in projecten en programma's aan een klimaatbestendig HWS. Met het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) zorgen Rijkswaterstaat en de waterschappen doorlopend voor veilige dijken die nog jaren meekunnen. En met het Deltaprogramma Zoetwater zorgen we voor voldoende zoetwater voor drinkwater- en elektriciteitsvoorzieningen en vele andere waterafhankelijke economische sectoren. Zo zijn er vele aanvullende programma's waarmee Nederland op orde wordt gehouden.

De maatregelen voor het HWS in deze uitvoeringsagenda voegen aan deze bestaande programma's het volgende toe:

- a. verbinding en monitoring van de relevante activiteiten die plaatsvinden binnen andere programma's en projecten.
- b. integrale beoordeling van de kwetsbaarheid van het HWS voor klimaatverandering.
- c. noodzakelijke verdieping in de kwetsbaarheden van het HWS door het uitvoeren van vervolgonderzoek

4.2.2 Maatregelen Hoofdwatersysteem overstromingen

Hoogwater vormt een constante dreiging voor Nederland. Om grote hoeveelheden water nu en in de toekomst aan te kunnen, worden er vanuit RWS (in samenwerking met andere partijen) diverse maatregelen getroffen. Deze maatregelen zijn ondergebracht in verschillende lopende programma's en deelprojecten.

Maatregelen	Programma's en projecten
Bescherming hoogwater	Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP(-2)), Renovatie Afsluitdijk, Dijkversterking Marken, IJmuiden dijk, project Oostvaardersoevers, project Hollandse IJsselkering, project Vlieland.
Objecten die functioneel zijn zoals ontworpen	Programma Vervanging en Renovatie HWS en HVWN.
Uitwaardenbeheer	Verbeterprogramma Waterkwaliteit Rijkswateren (KRW).
Ruimte voor de rivieren	Programma Integraal Riviermanagement (IRM), Reevesluis, IJsseldelta Fase 2, Kribverlaging Pannerdensch Kanaal, Rivierklimaatpark IJsselpoort, project Oeffelt.
Maaswerken	Grensmaasproject, project Zandmaas, verruiming Julianakanaal, Gebiedsontwikkeling Ooijen-Wansum, Lob van Gennepe, Meanderende Maas.
Vooroeververdediging	Vooroeververdediging en Herstel Steenbekledingen Oosterschelde en Westerschelde.
Kustonderhoud	Kustlijnzorg, Zandmotor, Kustgenese 2.0, kennisprogramma Zeespiegelstijging.

RWS werkt mee aan het Deltaprogramma. De geprogrammeerde maatregelen zijn gefinancierd vanuit het deltaplan Waterveiligheid (Deltafonds), en het Beheer- en Onderhoudsbudget van RWS.

Voorbeeldproject: Hoogwaterbeschermingsprogramma

In het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) werken de 21 Nederlandse waterschappen en Rijkswaterstaat samen aan de grootste dijkversterkingsoperatie ooit sinds de Deltawerken. Doel van het HWBP is (een sobere en doelmatige) versterking van alle primaire keringen in 2050, zodat deze voldoen aan de wettelijke normen zoals die zijn vastgelegd in de Waterwet. Hiermee wordt de waterveiligheid van Nederland gewaarborgd. Het gaat hier om de versterking van 1.500 km aan dijken en bijna 500 sluizen en gemalen.

De huidige beoordeling van primaire keringen loopt tot 2023. Voor dijktrajecten die bij de beoordeling worden afgekeurd, worden nieuwe versterkingsprojecten in het programma opgenomen. Hiermee ontstaat de komende jaren steeds beter inzicht in de omvang van het totale programma tot 2050. Uitgaande van de huidige inschatting van de totale versterkingsopgave in Nederland tot 2050 is er naar verwachting voldoende financiering beschikbaar in het Deltafonds voor de totale opgave van het HWBP – dat is: als de afspraken die zijn gemaakt in het Bestuursakkoord Water over de voeding van het Deltafonds worden doorgetrokken tot en met 2050.

[Hoogwaterbeschermingsprogramma \(HWBP\)](#)

4.2.3 Maatregelen Hoofdwatersysteem droogte, wateroverlast, hitte

Veel van de **huidige activiteiten van RWS** dragen bij aan het verkleinen van de kwetsbaarheid van het systeem en de daarin gelegen objecten voor wateroverlast, droogte en hitte. Er zijn een aantal lopende programma's en projecten waarin de geconstateerde kwetsbaarheden worden aangepakt.

Voorbeeldproject: Slim watermanagement

Rijkswaterstaat en waterschappen werken intensief samen aan het verbeteren van het operationeel waterbeheer. Het doel is om wateroverlast en watertekort zo lang mogelijk uit te stellen of mogelijk te voorkomen door het gehele watersysteem optimaal te benutten. Bijvoorbeeld doordat waterbeheerders gezamenlijk het water via gemalen, stuwen en sluizen daarheen ‘sturen’ waar het de minste overlast veroorzaakt of juist het hardste nodig is. Door klimaatverandering wordt verwacht dat wateroverlast of langdurige droogte steeds vaker gaat optreden. Door Slim Watermanagement kunnen waterbeheerders beter samenwerken en mogelijk impact voorkomen of verminderen. Door kennis samen te brengen in systeemanalyses, door het faciliteren van het real-time data delen via informatieschermen of door te werken aan gezamenlijke redeneerlijnen. Met behulp van ‘serious games’ wordt hiermee geoefend.

Als voorbeeld: in april 2020 ging één van de zes pompen bij gemaal IJmuiden kapot. Rijkswaterstaat plaatste 34 tijdelijke pompen in West-Nederland. Ook werd er overlegd met de waterbeheerders in het gebied. Zo werd er een nieuwe, tijdelijke werkwijze afgesproken voor het voorkomen van wateroverlast. Door het opvangen van de kapotte pomp in andere delen van het netwerk zijn er verder geen problemen opgetreden, een goed voorbeeld van Slim Watermanagement.

[Slim Watermanagement - Slimwatermanagement](#)

Maatregelen	Programma's en projecten
<i>Droogte en hitte</i>	
Voldoende en schoon zoet water	Deltaplan Zoetwater: Deltaplan Fase 1 (2015-2021), Deltaplan Fase 2 (2022-2027), Slim Watermanagement, Extra maatregelen Beleidstafel Droogte, Maatregelen in Zoetwaterregio's en HWS-
Programma Integraal Riviermanagement, Wieringerhoek, Havikerwaard-Fraterwaard-Olburgerwaard, nieuw peilbesluit IJsselmeergebied.	Verbeterprogramma Waterkwaliteit Rijkswateren (KRW).
Verbeteren waterkwaliteit (onder andere voorkomen verzilting)	Verbeterprogramma Waterkwaliteit Rijkswateren (KRW), Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW), Natura 2000, Project Markermeer - IJmeer, Noord Hollandse Markermeerkust, Oostvaardersoevers, Besluit Beheer Haringvlietsluizen, Getij Grevelingen, Buitendijkse Slibsedimentatie Eems-Dollard, Eemzijlen Groote Polder, Ecologische Waterkwaliteit Friese IJsselmeerkust, Koehool-Lauwersmeer, Lauwersmeer-Vierhuizergat.
Optimaliseren besturingssysteem van objecten en/of aanpassingen aan objecten zodat er meer water aangevoerd kan worden of juist zuiniger geschut kan worden	Programma Vervanging en Rennovatie HWS en HWVN.
<i>Wateroverlast</i>	
Water vasthouden	Programma Integraal Riviermanagement, Deltaplan Zoetwater: Deltaplan Fase 1 (2015-2021), Deltaplan Fase 2 (2022-2027), Slim Watermanagement.
Wateraanvoer en mogelijke afvoer beter op elkaar afstemmen	Slim Watermanagement (en ook wateroverlast).
Optimaliseren besturingssysteem van objecten en/of Verhogen afvoercapaciteit (bij) sluizen en gemalen	Programma Vervanging en Rennovatie HWS en HWVN.

Aanvullend op bovenstaande bestaande programma's en projecten zijn de komende zes jaar **extra maatregelen** nodig om onaanvaardbare risico's te vermijden of af te zwakken. De maatregelen worden per deelgebied beschreven (zie paragraaf 2.2 voor de vijf deelgebieden).

Voor de maatregelen moet nog aanvullend budget vrijgemaakt worden. Per maatregel is omschreven welke partij verantwoordelijk is voor de uitvoering, welke partijen betrokken zijn bij de maatregel, het benodigd budget en wat de planning is. Ook wordt aangegeven op welke wijze maatregelen in samenhang met lopende onderzoeken of programma's verder onderzocht en uitgewerkt kunnen worden.

Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaalgebied en spui- en maalcomplex IJmuiden



Extra maatregelen wateroverlast

Het verminderen van de kwetsbaarheid voor wateroverlast kan op diverse manieren vorm krijgen. In de programma's Slim Watermanagement, Vervanging en Renovatie gemaal en spuicomplex IJmuiden en het regionale programma Toekomstbestendig Watersysteem Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaalgebied (ARK-NZK) wordt nagedacht over de meest effectieve en efficiënte maatregelen, zo wordt onder meer gedacht aan:

- Het opnemen van gemaal IJmuiden als categorie A-object in Beheer en Onderhoud.
- Het vergroten van de robuustheid van de waterafvoercapaciteit, door 1) het vergroten van afvoermogelijkheden, 2) het onderzoeken van mogelijkheden voor een alternatieve afvoerlocatie, 3) het uitbreiden van reserve- en structurele pompcapaciteit IJmuiden, 4) het verkleinen van de faalkans van de technische installatie, 5) het aanpassen, verkleinen en/of opheffen van het spuislot en 6) het verhogen van het calamiteitenpeil.
- Het treffen van maatregelen in de regionale watersystemen, zoals 1) Het verminderen van de (piek) aanvoer naar het ARK-NZK, door het gericht accepteren van overstromingen in het stroomgebied; 2) Het creëren van retentiegebieden en/of piekbergingsgebieden om wateroverlast 'op te vangen'; 3) Het vergroten van de buffercapaciteit van het ARK-NZK watersysteem.

Extra maatregelen droogte en hitte

Binnen deze programma's wordt ook nagedacht over maatregelen voor het verminderen van de kwetsbaarheid voor droogte en hitte. Dit gaat onder meer over het realiseren van alternatieve wateraanvoer (naast de Irenesluizen); het afsluiten van ARK en het tegengaan van zoutindringing ter hoogte van de ARK-monding en/of bij de sluisen in IJmuiden.

Financiering

De lopende onderzoeken zijn gefinancierd vanuit het programma Slim Watermanagement en het regionale programma Toekomstbestendig ARK-NZK. Ze zijn daarmee gezamenlijk gefinancierd door het Rijk (Deltaprogramma Zoet Water) en de regionale partijen, zoals provincies, gemeenten en waterbeheerders. Eventuele uitvoeringsmaatregelen die voortkomen uit deze onderzoeken, die niet primair tot doel hebben het systeem en object klimaatrobust te maken, zijn nog niet geprogrammeerd.

Samenloop

Versillende onderzoeken vinden plaats in samenwerking met de regionale waterbeheerders, in het kader van Slim Watermanagement en Toekomstbestendig ARK-NZK. Het type maatregelen dat binnen deze trajecten wordt onderzocht, richt zich op de objecten en het watersysteem van RWS, én op de mogelijkheden die de regionale systemen hebben om de piekbelasting naar het ARK-NZK te verminderen.

Grote Pand en Brabantse kanalen

Extra maatregelen: vervolgonderzoek

Om een definitieve keuze te kunnen maken voor één of meerdere maatregelen voor het Grote Pand is eerst vervolgonderzoek nodig. Zodat Waterschappen en RWS gezamenlijk de grootte van de wateroverlast op het watersysteem integraal kunnen bepalen. Hiermee wordt ook tegemoetgekomen aan de onderzoeksvraag naar de eerste overstromingspunten in het Grote Pand, en welke maatregelen mogelijk zijn om dit te voorkomen.

Omdat de wateroverlast met name afkomstig is vanuit het regionale watersysteem is de oplossing ervan een gezamenlijke verantwoordelijkheid van waterschappen en RWS. Vervolgonderzoek moet uitwijzen welke oplossing de minste maatschappelijke kosten met zich meebrengt, welke partij in welke mate verantwoordelijk is voor de wateroverlast, en wie in welke mate kan bijdragen aan de oplossing. Dit moet tevens leiden tot inzicht in de belangen en rollen en een gezamenlijk gevoel van verantwoordelijkheid.

Samenloop

Het vervolgonderzoek sluit aan bij de scope van Slim Watermanagement en de vervolgafspraken voortkomend uit het waterakkoord Midden-Limburgse en Noord-Brabantse kanalen en de daaraan gekoppelde samenwerking met de waterschappen en gemeenten. Samenloopkansen zijn te behalen binnen het programma Vervanging en Renovatie, met name bij het project de Brabantse kanalen dat op dit moment in de planfase zit.

Twentekanal en aflat-gemaalcomplex Eefde

Extra maatregelen

Om ervoor te zorgen dat Gemaal Eefde klimaatbestendig wordt voor droogte en hitte, wordt een pre-verkenning Robuust aanvoer gemaal Eefde uitgevoerd. De pre-verkenning wordt gevolgd door een verkenning, de planuitwerking en de realisatie.

De renovatie van de aflatwerken in Eefde en Delden wordt hierbij gezien als maatregel tegen wateroverlast. Deze renovaties vallen onder regulier onderhoud en zijn als zodanig geprogrammeerd. Het klimaatbestendig maken van dit deelgebied moet daarom worden toegevoegd aan de renovatieopgave (zie ook paragraaf 3.2 Generieke maatregelen).

Planning en financiering

De pre-verkenning is op dit moment in uitvoering. Dit betreft een variantenstudie naar de duurzame aanvoer van water. Vooralsnog zullen nadere verkenning en planuitwerking plaatshebben na 2022. Een en ander hangt samen met de tweede fase Deltaprogramma Zoetwater en Ruimtelijke adaptatie.

Rijkswaterstaat is hoofverantwoordelijk voor het realiseren van een robuuste wateraanvoer van het gemaal Eefde. Daarnaast zijn Rijkswaterstaat Oost-Nederland en diverse andere partijen vanuit het Waterakkoord

Twentekanalen (RWS, de Waterschappen Vechtstromen, WDOD en WRIJ en de provincies Overijssel en Drenthe) betrokken bij de uitvoering. Financiering is onder andere beschikbaar vanuit het DPZW.

Samenloop

Op dit moment zijn er verschillende programma's waar mogelijk samenloopkansen aanwezig zijn. Binnen een aantal programma's is er ook al budget gereserveerd voor het uitvoeren van de maatregelen. Dit geldt voor de DPZW Strategie Klimaatbestendige Zoetwatervoorziening Hoofdwatersysteem, de verkennende studie naar een toekomstvaste wateraanvoer Twentekanalen, het Deltaplan Zoetwater; Kennis en innovatieprogramma HWBP (de Twentekanalen maken hier onderdeel van uit); Slim Watermanagement Oost-Nederland.

Grensmaas

Extra maatregelen: vervolgonderzoek

Voor de kwetsbaarheid van de Grensmaas voor de klimaatdreiging droogte en hitte zijn in de fase van het KBN-programma HWS diverse oplossingsrichtingen naar voren gekomen. Deze zijn met name gericht op het vergroten van de waterbeschikbaarheid in het gebied bij droogte. Ook is aanvullend onderzoek nodig naar de effecten van droogte en hitte op de natuur, de waterkwaliteit en de ecologie.

In de regio lopen enkele (pré-)verkenningen naar mogelijke maatregelen, zoals de (pré-)verkenning naar het vasthouden van water ('retentie') langs de Maas en de naar waterbesparing op het Julianakanaal en Lateraalkanaal. Ook wordt er een overzicht gemaakt van mogelijke maatregelen die bij laagwater getroffen kunnen worden in het Maasstroomgebied en wordt onderzocht in hoeverre de zijtakken - bij lage afvoer - kunnen bijdragen aan het debiet. Op basis van deze verkenningen en onderzoeken komt er meer inzicht over kansrijke maatregelen en de mogelijke vervolgstappen.

Planning en financiering

De twee verkenningen zijn reeds gepland (in 2022) en worden gefinancierd vanuit DPZW (waterretentie Maas en waterbesparing Julianakanaal en Lateraalkanaal) en de scheepvaartsector (waterbesparing Julianakanaal en lateraalkanaal).

Samenloopkansen

Naast de lopende verkenningen en onderzoeken zijn er binnen diverse programma's samenloopkansen voor de regio van de Grensmaas mogelijk. Dit geldt onder meer voor de programma's PAGW (natuur), Deltaplan Zoetwater en Slim Watermanagement (waterretentie, waterbesparing, zoetwaterbeschikbaarheid), en mogelijk ook voor IRM, VenR (stuwen in de Maas) en het Kennisprogramma klimaatadaptatie.

Spui- en maalcomplex Terneuzen

Extra maatregel: onderzoek waterkwaliteit en -kwantiteit

In het Deltaprogramma Zoetwater staat een MIRT-verkenning naar de mogelijke oplossingen voor waterkwaliteit en -kwantiteitsproblemen, waarvoor vanaf 2023/2024 een bedrag van €250.000 is gereserveerd. Om hierop voor te sorteren, is RWS Zee en Delta, samen met het Vlaamse MOW, een onderzoek gestart naar de effecten van klimaatverandering op het kanaal Gent-Terneuzen en beoordeelt mogelijke maatregelen. Het onderzoek wordt uitgevoerd onder de vlag van de Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie (VNSC), in een tijdelijke werkgroep "droogteproblematiek KGT". Het onderzoek bestaat uit een effectbeoordeling en een maatregelbeoordeling.

Het doel is het formuleren van de probleefdefinitie en oplossingsrichtingen voor de waterkwaliteit en -kwantiteitsproblematiek én het voorbereiden van de te verwachten navolgende MIRT-verkenning in 2023/2024.

In dit onderzoek worden verschillende maatregelen opgenomen, zoals het opstellen van een draaiboek droogte en BeslissingsOndersteunend Systeem (BOS) en het aanpassen van de KRW-zoutnorm. Daarnaast worden een aantal concrete maatregelen onderzocht, zoals:

- Het inlaten of oppompen van water vanuit de Westerschelde;
- Bovenstroomse maatregelen aan de Vlaamse zijde (zoetwaterbuffers);
- Het verhogen van het kanaalpeil naar de bovengrens;
- Nivelleerbekken (net als bij Krammersluizen) om waterverlies te beperken;
- Zoutvang met pompen voor afvoer.

Planning en financiering

Voor het in beeld brengen van de effecten van mogelijke maatregelen is voor 2021/2022 budget gereserveerd door Rijkswaterstaat Zuidwestelijke Delta. Er is in 2022 en 2023 nog aanvullend budget nodig voor het beoordelen van de maatregelen én aanvullend budget op dat wat beschikbaar is gesteld vanuit DPZW voor het realiseren van een Beslissing Ondersteunend Systeem (BOS). Overleg hierover loopt.

Samenloop

Mogelijke samenloopkansen voor de benodigde financiering liggen bij het Kennisprogramma klimaatadaptatie en het Verbeterprogramma Waterkwaliteit Rijkswateren (KRW). Ook kan er eventueel vanuit de MIRT-verkenning budget naar voren gehaald worden. Dit budget is echter te laag voor het tekort op het te bouwen Beslissing Ondersteunend Systeem (BOS).

4.2.4

Vervolgonderzoek stresstest Hoofdwatersysteem

Om in te kunnen spelen op nieuwe ontwikkelingen, en ook om het 'beeld' dat uit de stresstesten naar voren komt actueel te houden, is in het DPRA afgesproken dat de stresstest iedere zes jaar wordt geactualiseerd (zie figuur 2).

Figuur 2: Zesjaarlijkse cyclus stresstesten



Tijdens de validatie van en de risicodialogen over de stresstesten HWS die in 2020 en 2021 zijn uitgevoerd, zijn een aantal verbeterpunten benoemd. Zo zijn de uitkomsten van de stresstesten kwalitatief van aard en nog niet compleet. Het verbeteren en aanvullen van de stresstest is daarom een noodzakelijke vervolgactie. Daartoe worden, tot de volgende stresstest (in 2026), de volgende vervolgonderzoeken gedaan.

Vervolgonderzoek stresstesten HWS Algemeen

- De huidige uitvoeringsagenda richt zich op vijf deelgebieden, gebaseerd op een eerste prioritering van kwetsbaarheden. Door een nadere analyse uit te voeren moet duidelijk worden of – naast de bestaande programma's - aanvullende maatregelen vanuit het programma KBN noodzakelijk zijn om de kwetsbaarheden op te heffen.
- Er moet een analyse plaatsvinden om te bepalen of er op de lange termijn ook klimaatbestendige maatregelen nodig zijn in andere gebieden of objecten binnen HWS RWS.
- Onderzoek naar/uitwerken van een integrale stresstestmethodiek, waarbij stresstesten integraal gecombineerd worden.

Dit vervolgonderzoek vindt plaats onder verantwoordelijkheid van het programma KBN. Potentiële samenloopkansen zijn het kennisprogramma Klimaatadaptatie en eventuele vervolgonderzoeken van de andere KBN-netwerken van RWS.

Doorontwikkeling Stresstesten HWS droogte en hitte

- Ontwikkelen van een beoordelingssystematiek om de impact van klimaatverandering (met name droogte en hitte) te bepalen op ecologie en waterkwaliteit in samenwerking met DPZW. In deze ronde stresstesten zijn deze effecten slechts summier in beeld gebracht. Het streven is om dit in de volgende ronde stresstesten mee te nemen.

Mogelijke meekoppelkansen liggen bij het kennisprogramma Klimaatadaptatie en eventuele vervolgonderzoeken van andere KBN-netwerken van RWS.

Doorontwikkeling Stresstesten HWS wateroverlast

- Verder ontwikkelen van de stresstest Objecten en Wateroverlast.
- (Onderzoek naar) de uitvoering van veiligheidsbeoordelingen voor objecten, zoals regel- en inlaatwerken en zomerkaden met een faalkans.
- Stimuleren en meewerken aan eenduidige en landelijk beschikbare gegevens over wateroverlast en objecten.

Eventuele samenloopkansen voor de vervolgonderzoeken zijn het kennisprogramma Klimaatadaptatie, eventuele vervolgonderzoeken van andere KBN-netwerken van RWS, het programma Beoordelingsinstrumentarium 2023 (BOI 2023) en het programma Vervanging en Renovatie (VenR).

4.3 Maatregelen uitvoeringsagenda Hoofdwegennet



4.3.1 Inleiding maatregelen Hoofdwegennet

Om het Hoofdwegennet (HWN) in 2050 klimaatbestendig te maken, is het benutten en versterken van de reguliere werkprocessen en van de lopende programma's waarbij rekening gehouden wordt met klimaatverandering van groot belang. Ook daarom zijn de generieke maatregelen (zoals beschreven in Hoofdstuk 3) juist ook voor het HWN belangrijk.

De maatregelen die beschreven staan in het vervolg van deze paragraaf, zijn nu nog niet geprogrammeerd/geïnitieerd.

4.3.2

Maatregelen Hoofdwegennet voor wateroverlast en droogte en hitte

Het gericht uitvoeren van **onderhoud** blijkt een zeer effectieve en kostenefficiënte maatregel bij het verminderen van de gevoeligheid van het HWN voor (extreme) neerslag en daarmee voor de dreiging van wateroverlast op het HWN (taludinstabiliteit en plasvorming door extreme regenval). Daarmee wordt namelijk al voor een belangrijk deel voldaan aan de 'klimaatbestendigheid' van het HWN. Dit is ook onderbouwd in rapportages⁶ die zijn uitgevoerd in vervolg op de stresstest.

Goed en regelmatig beheer en onderhoud van **kolken** en bermen levert een belangrijke bijdrage aan het voorkómen en verkleinen van de impact van wateroverlast. Een voorbeeld hiervan is het Kleinpolderplein, een belangrijke schakel in de ring van Rotterdam. Hier kwamen de afgelopen jaren de doorgaande verdiepte rijbanen meerdere keren onder water te staan door zware buien. Intensivering van het onderhoud heeft hier nu geleid tot minder problemen.

Bermbeheer is heel belangrijk en effectief voor de aanpak van meerdere klimaatbedreigingen én voor andere duurzaamheidsdoelstellingen zoals biodiversiteit.⁷ Goed berm-/maaibeheer verbetert de doorworteling, wat de kans op afschuiving van taluds verkleint en de sponswerking van de bodem verbetert. Ook de uitdroging van de bodem kan hierdoor verminderen.

In de jaren 2018-2020 zijn vanuit bestaande onderhoudsbudgetten beheersmaatregelen bij **beweegbare bruggen** genomen om stremmingen bij extreem hoge temperaturen te voorkomen of op te heffen. Dit is gebeurd bij de Merwedebrug, de brug over de Noord en de Spijkenisserbrug. Uit onderzoek blijkt dat ontwerpmaatregelen bij bruggen die ook op de lange termijn effect hebben vele malen kosteneffectiever zijn dan beheersmaatregelen.

Op het traject A6 Lelystad-Ketelbrug zijn funderingsmaterialen verwijderd die gevoelig zijn voor **thermische expansie**.

Niet alleen bij beheer en onderhoud, maar ook bij activiteiten van derden op het Rijkswaterstaatareaal is het belangrijk dat rekening wordt gehouden met klimaatdreigingen. Het plaatsen van zonnepanelen kan bijvoorbeeld een negatief effect hebben op erosie en afschuiven van het talud naast de weg. Daarom is het van belang om hiervoor randvoorwaarden op te nemen.

Verder wordt bij MIRT-projecten in de planfase getoetst op klimaatadaptatie aan de hand van de 'Handreiking energie en klimaat'. Dit heeft geleid tot klimaatbestendige ontwerpcriteria, bijvoorbeeld op de trajecten A4 Haaglanden-N14, A4 Burgerveen N14, de Blankenburgverbinding en de 'InnovA58', de A2 Deil-Vugt.

Om klimaatadaptatie in de toekomst integraal mee te kunnen nemen in het beheer en onderhoud van het HWN is een aantal acties voorbereid:

- Het berekenen van de maatschappelijke kosten en baten van maatregelen. Hieruit volgen adviezen voor het aanpassen van de onderhoudsregimes.
- Het opnemen van klimaatadaptatie in objectbeheerregimes (kaders voor het onderhoud van de assets).
- Het ontwikkelen van (prestatie)indicatoren voor klimaatadaptatie op het HWN.
- Het opnemen van klimaatadaptatie in netwerkschakelplannen (het tactische niveau van de Asset Management-keten waar alle relevante (omgevings) informatie wordt verzameld).
- Het meenemen van de uitkomsten van de stresstesten in de areaalstrategie. Bij ruimtelijke afwegingen op het IenW-areaal kan dan rekening gehouden worden met klimaatgevoelige trajecten.

⁶ 'Handelingsperspectief Instabiliteit en erosie van wegtaluds' en 'Handelingsperspectief plasvorming' (Deltares', mei en november 2021).

⁷ In opdracht van Rijkswaterstaat wordt door WUR onderzoek gedaan om dit nog nader te onderbouwen.

Vervolgonderzoek stresstest Hoofdwegennet

Naar aanleiding van de uitkomsten van de stresstest van 2019 (zie paragraaf 2.3) en de daarin onderkende risico's en prioriteiten, zijn meerdere vervolgonderzoeken uitgevoerd en of nog in uitvoering. De uitkomsten worden gebruikt om maatregelen verder te onderbouwen, op doelmatigheid te toetsen en te kunnen prioriteren. Zo is/wordt onderzoek uitgevoerd naar de impact van overstromingen op het HWN, het mogelijk opdrijven van tunneltoeritten, bermbrandgevoeligheid, mogelijke maatregelen en de kosten & baten daarvan en de veiligheid en de gevolgen voor het verkeer.

In de stresstest zijn twee onderwerpen geïdentificeerd die mogelijk grote impact kunnen hebben op het functioneren van het HWN. Hiervoor is nader onderzoek nodig om het daadwerkelijke risico en de mogelijke maatregelen te bepalen:

- **Inundatie (=overstromen) van tunnels en onderdoorgangen.** Het risico dat deze assets bij extreme neerslag onder water komen te staan, is groot. Denk daarbij aan het hoogwater in Limburg en de ondergelopen metrostations en -tunnels in Londen in juli 2021.
- **Bodemdaling** is de bedreiging met veruit de grootste potentiële impact. Het is nog niet goed bekend hoe klimaatverandering via droogte invloed uitoefent op bodemdaling onder en nabij het HWN en wat de negatieve effecten hiervan zijn.

Bij het vervolgonderzoek naar de onderwerpen waarvoor het 'fundamenteel' onderzoek over faalmechanismen verder gevorderd is, wordt ingezet op inpassing in lopende plannings. Binnen het programma VenR Verhardingen wordt bijvoorbeeld onderzocht wat de mogelijke invloed van klimaatverandering op de meerjaren verhardingsplanning (MJPV) is en op de VenR-prognose.

Om bredere inpassing van adaptatiemaatregelen in aanleg en onderhoud mogelijk te maken, wordt op een aantal manieren gewerkt. Een voorbeeld is de doorontwikkeling van het modelinstrumentarium van Deltares door er maatregelen aan toe te voegen. Zo kan per 100m segment snelweg een aanbeveling worden gedaan over welke klimaatadaptatiemaatregelen mogelijk en kosteneffectief zijn.

In het HWN zijn hotspots en witte vlekken geïdentificeerd. Het is wenselijk om voor de relevante bedreigingen een monitoringcampagne op te zetten, gericht op de registratie van incidenten en opgezet aan de hand van bepalende parameters zoals grondwaterstanden van de afwatering, bodemdaling en verschilzettingen en erosiekuilen nabij brugpijlers.

Een goede ontsluiting van basisdata over de infrastructuur (zoals doorsneden, geometrie, grondonderzoek) zou de vervolgonderzoeken naar de klimaatbestendigheid ten goede komen. De kosten voor het verbeteren van (de ontsluiting van) dataverzamelingen zijn over het algemeen relatief klein ten opzichte van de kosten voor onderhoud, vervanging en/of renovatie. Dit is daarom een absolute *no-regret* maatregel.

Verder vervolgonderzoek in 2022 en later kan bestaan uit de volgende onderwerpen:

- De impact van klimaatverandering op de veiligheid van de weggebruiker.
- Waterafvoer van Zeer Open Asfaltbeton (ZOAB).
- De impact van klimaatveranderingen op elektronica. Denk aan falen van bediening en besturing van bruggen en wegkantsystemen.
- Samenloop van klimaatbedreigingen. Wat is de gevoeligheid en impact als meerdere bedreigingen tegelijk of na elkaar plaatsvinden? Bijvoorbeeld: extreme neerslag na een periode van droogte waardoor erosie van taluds kan plaatsvinden en of gladheid kan ontstaan.
- Wat is de beschikbaarheid van het HWN bij calamiteiten zoals overstromingen of andere klimaatrisico's?
- Hoe kunnen verkeersmodellen aangepast/uitgebreid worden om goed om te kunnen gaan met klimaatveranderingen?
- Modal shift: Bijvoorbeeld vervangen van vervoer over water door vervoer over de weg.

Voorbeeldproject: Hittebestendige bruggen

Warm weer kan bij bruggen tot twee soorten problemen leiden: ten eerste kunnen besturings-systemen oververhit raken. Het systeem valt dan uit zodat het beweegbare deel van de brug niet meer goed is aan te sturen. Ten tweede kunnen zowel beton als staal uitzetten bij hoge temperaturen. Hierdoor kunnen beweegbare onderdelen van de brug klem komen te zitten of door de te hoge druk beschadigd raken. Dit was bijvoorbeeld het geval bij de Merwedebrug tussen Gorinchem en Sleetwijk tijdens de hittegolf van 2019. Door de aanhoudende hitte werd het asfalt op de brug wel 59 graden. Het staal zette hierdoor zoveel uit dat de ruimte tussen de voegen verdween en de brug niet meer dicht kon.

Vanwege de klimaatverandering is er bij Rijkswaterstaat steeds meer aandacht voor de hittebestendigheid van bruggen. Hiervoor worden de volgende maatregelen ingezet:

- Koelen van technische ruimtes zodat de besturingsystemen niet oververhit raken.
- Koelen van het wegdek door een lichtere topklaag en/ of het inzetten van koelwater.
- Inkorten (frozen) van de stalen voegen in het wegdek zodat de brug bij uitzetting niet meer klemt.

Naast deze maatregelen vindt er ook uitgebreide monitoring en inspectie plaats van het gedrag van bruggen bij hitte. Op de Merwedebrug zijn sinds 2019 vijftientig sensoren geplaatst. Zeventien sensoren meten de temperatuur en acht sensoren houden de bewegingen in de gaten. Ook vinden er tijdens hitte op vele bruggen dagelijkse kijkinspecties plaats. Met de informatie uit de monitoring en de inspectie kan snel worden ingegrepen als een brug dreigt te gaan klemmen. Daarnaast wordt er inzicht verkregen in de effecten van hitte op bruggen waarmee aan nieuwe innovatieve maatregelen kan worden gewerkt.



Meer informatie:

<https://www.nrc.nl/nieuws/2021/08/17/>

Voorbeeldproject: MIRT-verkenning A2 Deil-Vught

De A2 is de belangrijkste Noord-Zuidverbinding van Nederland en verbindt de kennisregio Eindhoven met de Randstad. De A2 tussen de knooppunten Deil en Vught dreigt uit te groeien tot één van de grootste fileknelpunten van het land. Op het traject spelen zowel problemen rondom bereikbaarheid als verkeersveiligheid. Dit was de aanleiding voor de minister van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) om een MIRT-verkenning te starten naar mogelijkheden om deze situatie te verbeteren.

Tijdens de MIRT-verkenning is onder meer overeengekomen om de haalbaarheid en wenselijkheid te onderzoeken van het vergroten van de waterberging in de Dungense polder. Met deze maatregel wordt het gebied rondom 's-Hertogenbosch bestendiger tegen hevige neerslag.



Meer informatie: <https://www.nrc.nl/nieuws/2021/08/17/>

Voorbeeldproject: A79 - Groot Onderhoud

De hoge verkeersintensiteit op de A79 en knelpunten zoals de Maasbrug en Waalbrug, knooppunten Empel en Deil en aansluitingen op het onderliggend wegennet, zorgen voor veel files op het traject.

De A79 tussen Maastricht en Heerlen wordt veiliger, stiller en duurzamer. De grote opknapbeurt van deze 18 kilometer lange snelweg is eind 2021 gereed. De hevige regenval van juli 2021 in Limburg heeft een deel van de snelweg onder water gezet. Onafhankelijk van dat incident heeft Rijkswaterstaat samen met Waterschap Limburg eerder al besloten om extra maatregelen te nemen om wateroverlast tegen te gaan. De weg is namelijk berucht vanwege aquaplaning als het hard heeft geregend en dat is een risico voor de veiligheid van de weggebruikers.

Een belangrijk onderdeel van het groot onderhoud bestaat daarom uit het vernieuwen en verbeteren van de afwatering.

Er komen aan beide zijden van de snelweg bredere en diepere sloten met stuwen en waterbuffers (kleine vijvers), die het water beter kunnen reguleren, afvoeren en eventueel vasthouden. Op die manier wordt plasvorming op de weg voorkomen, maar wordt ook het rioolstelsel minder belast. Tot slot is er voor gekozen om op het laagste punt van de berm sloten een doorsteek te maken naar een bestaand buffergebied van Waterschap Limburg. Het eventuele overtollige water kan dan ook hier worden opgevangen.



Meer informatie: [A79-Groot Onderhoud](#)

BIJLAGE A:

Impact klimaatverandering op Hoofdvaarwegennet

Droogte

Droogte vormt de grootste bedreiging voor de bruikbaarheid van het Hoofdvaarwegennet (HVWN). Gebrek aan water leidt tot:

- *Afname van de vaardiepte op de Rijntakken*, waardoor schepen steeds minder vracht kunnen meenemen. Er moeten steeds meer schepen varen om dezelfde vervoersprestatie te leveren. Dit leidt tot hogere kosten voor de beroepsbinnenvaart en de sectoren ⁸die van de binnenvaart afhankelijk zijn.
- *Schutbeperkingen op de Maas*, omdat de sluizen door watergebrek niet meer 'normaal' kunnen schutten. Schutbeperkingen en andere maatregelen leiden tot langere wachttijden voor de gebruikers en ook kosten voor de beheerder.

De *afvoer* (hoeveelheid water in m³/s die beschikbaar is) speelt in deze problematiek de hoofdrol. Door klimaatverandering neemt de afvoer steeds verder af in droge periodes en ook de duur van de droogte wordt langer.

Bodemerosie, verschuiving van de afvoerverdeling en zeespiegelstijging

Op de Rijntakken speelt naast het probleem van te weinig afvoer ook het volgende:

- **Bodemerosie** leidt ertoe dat de rivieren zich steeds dieper insnijden in het zandige rivierbed. Er liggen echter obstakels zoals kabels, leidingen en vaste lagen in de bodem. Deze eroderen niet mee en vormen steeds vaker drempels. Bovendien sluiten sluizen en kanalen steeds minder goed aan op de rivieren, want ook de sluizen dalen niet mee met de eroderende rivierbodem, waardoor de invaardiepte van de sluizen steeds kleiner wordt.
- **Verschuiving van de afvoerverdeling** op de splitsingspunten Pannerden (Waal-Nederrijn) en Arnhem (Nederrijn-IJssel) leidt tot steeds minder water richting Nederrijn en IJssel. De verschuiving wordt veroorzaakt door verschil in erosiesnelheid tussen de riviertakken. De Waal erodeert sneller dan het Pannerdensch kanaal en de Nederrijn; de Waal trekt meer water naar zich toe. Hetzelfde gebeurt bij Arnhem: de IJssel erodeert sneller dan de Nederrijn en trekt meer water naar zich toe. Dit leidt tot een afname van de vaardiepte op het Pannerdensch Kanaal en de Nederrijn. Ook de IJssel ondervindt hinder door steeds geringere aanvoer van water a.g.v. de sterk trekkende Waal.
- **Zeespiegelstijging** zorgt juist voor een positief effect op de waterdiepte: het waterstandsverhogende effect van vloed is nu vanuit zee tot Tiel merkbaar. Dat *knikpunt* verschuift verder richting de bovenloop.

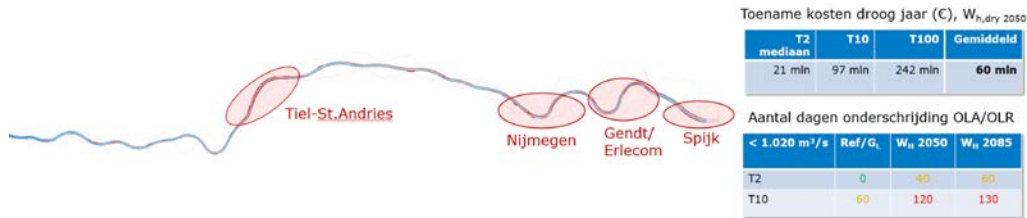
Kosten droogte en bodemerosie Rijntakken

Op de Rijntakken leiden droogte en bodemerosie samen steeds meer diepgangknelpunten en daardoor tot toenemende extra (vaar)kosten voor de scheepvaart. Deze bedragen bij klimaatscenario WH, dry 2050 gemiddeld circa €120 miljoen per jaar en in een zeer droog jaar (T10) bijna € 300 miljoen per jaar. Onderstaand zijn de knelpunten en kosten per corridor uitgesplitst.

Knelpunten en extra vaarkosten Bovenrijn en Waal

De ernstigste vaardiepteknelpunten op de Bovenrijn en Waal als gevolg van droogte en bodemerosie samen, doen zich voor bij Spijk, Erlecom/Gendt, Nijmegen, benedenstrooms van Tiel en bij Sint-Andries.

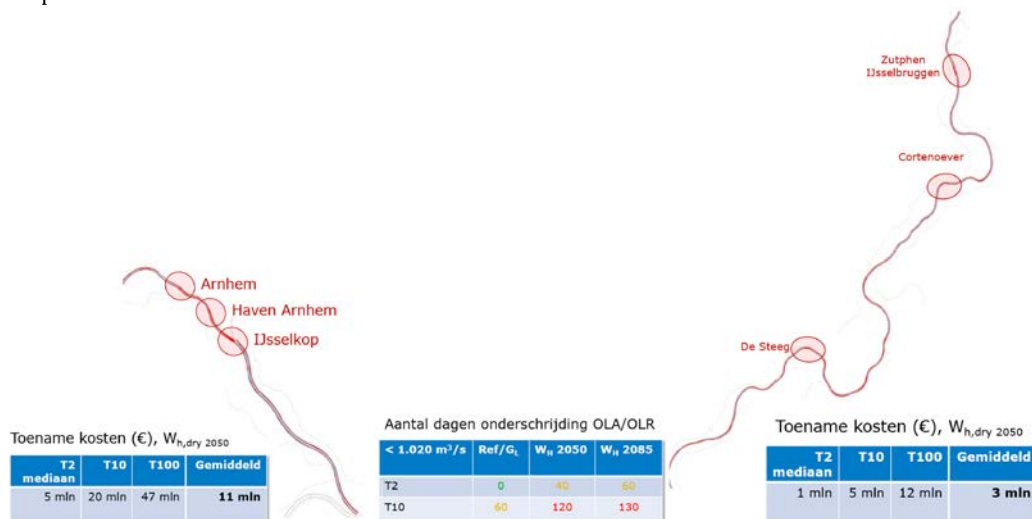
⁸ Onder andere logistiek, industrie, veehouderij, bouwsector.



Het is belangrijk om te realiseren dat een diepgangknelpunt niet slechts een lokaal probleem is, maar bepalend is voor de gehele vaarweg of corridor: de schepen moeten hun belading afstemmen op het minst diepe deel van het af te leggen traject. Verder leidt droogte niet alleen tot hinder en schade voor de scheepvaart, maar ook tot hinder en schade voor andere waterafhankelijke sectoren waaronder de natuur, de landbouw en de watervoorziening.

Knelpunten en vaarkosten Panneersch Kanaal, Nederrijn en IJssel

De knelpunten op de overige Rijntakken concentreren zich bij Arnhem, tussen de IJsselkop en de stuw van Driel. Op de IJssel liggen de grootste diepgangknelpunten op de Boven-IJssel bij De Steeg, Cortenoever en Zutphen IJsselbruggen.



Knelpunten aansluiting sluizen

De aansluiting tussen rivier en aangrenzende sluizen en kanalen is problematisch bij: Weurt, Tiel en Eefde.

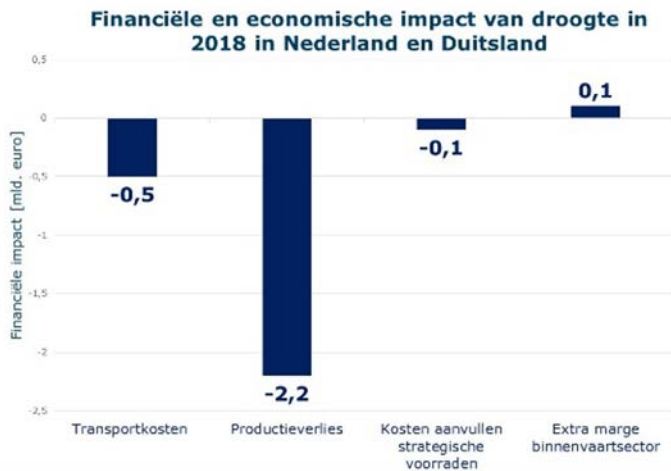
Impact Rijntakken

De impact - uitgedrukt in kosten - is op twee manieren berekend:

- modelmatig met behulp van onder andere goederenvervoermodel BIVAS en een voorspelling van de waterdiepte in 2050.
- op basis van ervaringscijfers van het zeer droge jaar 2018 en de (kosten)effecten die toen werden waargenomen, geëxtrapoleerd naar het klimaat in 2050.

De uitkomsten liggen redelijk in elkaars verlengde:

	Modelresultaat 2050 (BIVAS)	Ervaringscijfers 2018 → 2050
Impact, uitgedrukt in €	€ 263 - € 332 mln	€ 306,2 mln



Bron: Erasmus UPT (2020). *Economische impact laagwater. Een analyse van de effecten van laagwater op de binnenvaartsector en de Nederlandse en Duitse economie.*

Gemiddelde impact voor de scheepvaart per jaar, scenario $W_{H,dry} 2050$

Bij deze financiële schade moet worden opgemerkt, dat het hier ‘slechts’ de scheepvaartkosten betreft. De gevolgschade voor bedrijven die ten tijde van droogte niet of steeds minder via water toegeleverd krijgen, is veel groter. In 2018 bedroegen de kosten van de productie-uitval in Nederland en Duitsland als gevolg van droogte tussen de 2,8 en 4,7 miljard euro (afhankelijk van de scope van de studie). Ook de Nederlandse havens en industrie ondervinden schade; de concurrentiepositie van Nederland komt ten gevolge van droogte in gevaar.

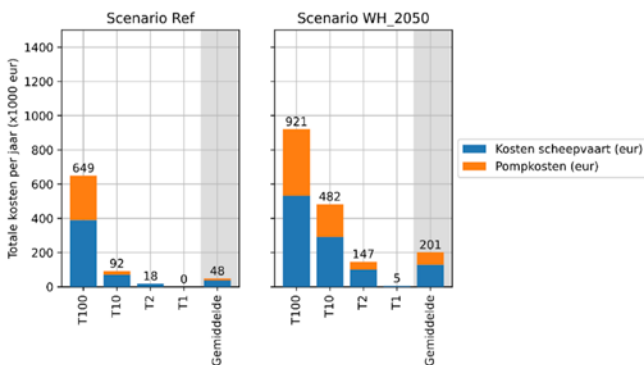
Knelpunten Maas

De knelpunten op de Maas concentreren zich rond de sluisen van Born, Maasbracht en Heel. In Heel kunnen de watertekorten alleen worden opgevangen door schutbeperkingen (“schutregimes”). Bij Maasbracht en Born kunnen waterverliezen deels worden gecompenseerd met reeds aanwezige pompen. Daarnaast heeft Maasbracht nog de mogelijkheid om *hevelend* te schutten en water van de ene sluiskamer naar de andere te laten lopen, waarbij maximaal de helft van het waterverlies kan worden beperkt.

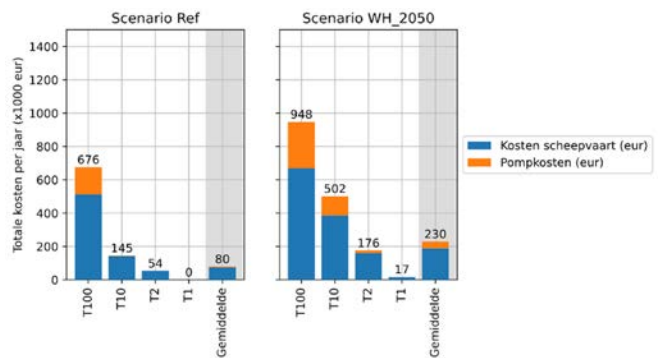
Impact Maas

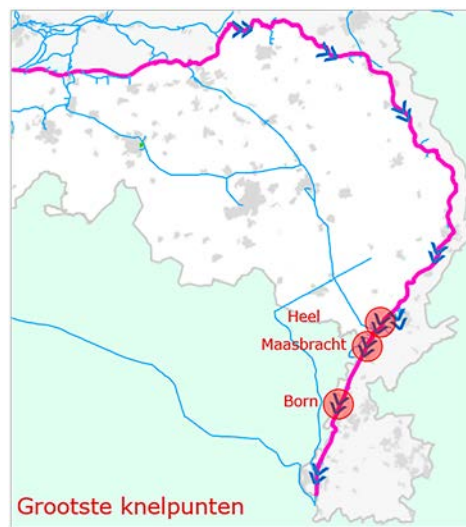
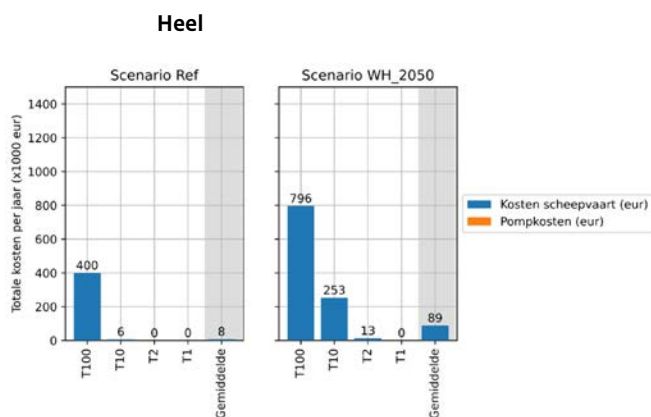
De impact - uitgedrukt in kosten - voor de Maas zijn relatief beperkt: Bij Born nemen de kosten toe van **gemiddeld** k€ 48 naar k€ 201, Maasbracht van k€80 naar k€ 230 en Heel van k€ 8 naar k€ 89. De meeste kosten worden veroorzaakt door langere wachttijden. Een droog jaar als 2018 zal in het scenario $W_{H,dry} 2050$ vaker voorkomen, met een herhalingstijd van eens per 10 jaar. De schade van zo'n droog jaar voor de scheepvaart bedraagt dan voor de drie sluisen tezamen circa 1,25 miljoen euro.

Born



Maasbracht





Hoogwater

Hoogwater op het HVWN leidt ertoe dat de doorvaarthoogte van bruggen kleiner wordt en met name containerschepen hinder ondervinden: ze moeten soms een hele laag containers laten staan. De problematiek speelt op alle vaarwegen die niet gereguleerd zijn qua waterpeil:

- Rijntakken
- Maas
- Rijn-Maasmonding

Hoogwater wordt van de rivierzijde veroorzaakt door hogere afvoeren. Door klimaatverandering zullen hoge afvoeren vaker voorkomen, langer aanhouden en ook onvoorspelbaarder worden, zoals in zomer van 2021 nog in Limburg bleek. Ook leidt zeespiegelstijging tot meer hoogwater in de rivierdelta en steeds verder richting het achterland.

Knelpunten Rijntakken en Maas

Op de Rijntakken en de Maas vormen de volgende bruggen een knelpunt:

Riviertak	Knelpunt
Waal	Prins Willem-Alexanderbrug
IJssel	Deventer, wegbrug (stadsbrug)
Maas: Maasroute	Stadsbrug Venlo
Maas: Oost-westcorridor	Spoorbrug Ravenstein
Nederrijn-Lek	Spoorbrug Oosterbeek

Impact Bovenrijn en Waal

Op het moment van schrijven van deze uitvoeringsagenda is alleen voor de allergrootste corridor - de Bovenrijn en Waal - de impact bepaald. Deze corridor is met 2,3 miljoen containers ruim 10 x groter dan de tweede corridor, de Maas.

De impact, uitgedrukt in het 'verlies' aan niet-vervoerde containers, bedraagt:

	Verlies in containers door onvoldoende doorvaarthoogte	
	Huidig klimaat	W _r 2085
Gemiddeld jaar	1.300	2.200
T=10 jaar	2.900	4.900
T=50 jaar	4.800	8.100

Hierbij zijn T=10 en T=50 zeldzame jaren met een zeer hoge afvoer die eens in de 10 resp. 50 jaar voorkomt.

De impact moet enigszins in perspectief worden geplaatst: zelfs in jaren met zeer hoge afvoeren blijft de containervaart doorgang vinden, zij het met minder lagen. Er moet vaker of met meer schepen worden gevaren om dezelfde vervoersprestatie te leveren. Dit betreft circa 6 extra scheepsladingen in een gemiddeld jaar nu, tot maximaal 40 extra scheepsladingen in Wh 2085 (T=50). Dit is een klein risico dat niet in verhouding staat tot de grote investeringen die nodig zouden zijn om bestaande bruggen te verhogen. Dat is dan ook de reden, dat er weinig maatregelen zijn opgenomen voor hoogwater.

Knelpunten Rijn-Maasmonding

In de Rijn-Maasmonding vormen de volgende bruggen een knelpunt:

- Moerdijkbrug
- Keizersveerbrug
- Brug Heusden
- Merwedebrug

Voorts moet worden opgemerkt, dat de spoorbrug Dordrecht weliswaar een beweegbare brug is en hoog genoeg is, maar dat deze een knelpunt vormt vanwege de spanning tussen de passeerbaarheid voor de scheepvaart en de spoordienstregeling op dit zeer drukke spoortracé.

De Keizersveerbrug wordt binnenkort vervangen en hoger teruggelegd in het kader van het project A27 Houten-Hooipolder. Ook de Merwedebrug wordt in dit kader vervangen, maar niet hoger teruggelegd. Dit betekent dat deze drukke snelwegbrug vaker moet worden geopend.

De brug van Heusden is oorspronkelijk ontworpen voor een doorvaarthoogte van 7,0 m en is bovendien - net als Keizersveer - zeer gevoelig voor wind en getij.

Impact Rijn-Maasmonding

De impact voor de Rijn-Maasmonding laat zich het beste uitdrukken in het aantal dagen dat de minimale doorvaarthoogte niet beschikbaar is voor de scheepvaart:

Uitgangspunt 9,10 m doorvaarthoogte		Aantal dagen niet beschikbaar	
		Huidig klimaat	W _H 2085
Moerdijkbrug (spoorbrug)	Gemiddeld jaar	4	344
	T=10 jaar	14	320
Keizersveerbrug	Gemiddeld jaar	22	357
	T=10 jaar	43	359
Spoorbrug Dordrecht	Gemiddeld jaar	0	3
	T=10 jaar	0	4
Brug Heusden	Gemiddeld jaar	48	259
	T=10 jaar	62	243
Merwedebrug	Gemiddeld jaar	2	7
	T=10 jaar	6	7

Hitte

Door hitte zetten brugdelen uit, waardoor de klep (val) van bewegende bruggen klem komt te zitten. Bovendien raken hydraulische systemen en elektrische systemen voor de bediening van de brug oververhit. Hierdoor wordt de brug soms volledig gestremd voor de scheepvaart, of in elk geval gestremd voor de schepen die te hoog zijn om er onderdoor te kunnen varen.

Klimaatverandering leidt ertoe, dat er meer tropische en zomers dagen per jaar bij komen en dat de hitte langer zal aanhouden. Dit zorgt bij beweegbare bruggen voor een verhoging van de hittedreiging:

	Zomerse en/of tropische dagen/jaar	Hittedreigingsfactor
Huidig klimaat	31	1,0
Scenario Wh 2050	47	1,5
Scenario Wh 2085	63	2,0

Knelpunten beweegbare bruggen

Er zijn 28 beweegbare bruggen geïdentificeerd als structureel hittegevoelig en waar bovendien veel beroepsvaart onderdoor gaat. Stremming als gevolg van hitte van deze bruggen zouden een aanzienlijke impact kunnen hebben als er geen maatregelen zouden worden genomen. Deze beweegbare bruggen zijn met name te vinden bij de volgende drie 'clusters':

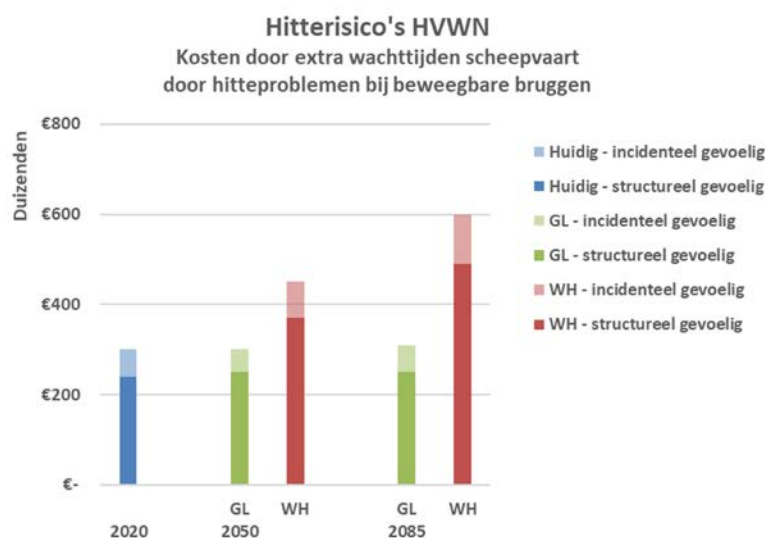
- Hoofdvaarweg Lemmer-Delfzijl
- Rijn-Maasmonding
- Kanaal van Gent naar Terneuzen

Impact hitte

De impact van de hitteproblematiek, uitgedrukt in extra wachtkosten, is als volgt:

- De wachtkosten voor structureel hittegevoelige bruggen nemen toe van circa € 240.000,- per jaar naar € 370.000,- in 2050 en € 490.000,- in 2085 voor de scenario's met snelle klimaatverandering.
- De wachtkosten voor de incidenteel gevoelige bruggen zijn een stuk lager: in het huidige klimaat circa € 60.000,- en toenemend naar ongeveer € 80.000 in 2050 en € 110.000,- in 2085.

Ten aanzien van deze kosten moet opgemerkt worden, dat op dit moment de 'schade' voor de scheepvaartsector als gevolg van hitte bij de beweegbare bruggen zoveel mogelijk wordt beperkt door maatregelen als het koelen van het dek. De risico's nemen wel toe als gevolg van klimaatverandering.



BIJLAGE B: Impact klimaatverandering op Hoofdwatersysteem

De stresstesten geven een eerste landelijk beeld van kwetsbare deelsystemen en kwetsbare objecten. Met name droogte in combinatie met zeespiegelstijging speelt een grote rol. De dreigingen hitte en droogte, wateroverlast en waterveiligheid (gevolgbeperking overstromingen) hebben impact op de waterkwantiteit en waterkwaliteit en daarmee op divers gebruik zoals de landbouw, de industrie, de scheepvaart, het drinkwater en de natuur.

De impact van het niet goed functioneren van het Hoofdwatersysteem (HWS) is in divers basismateriaal in verschillende mate gekwantificeerd (kosten door verstoring van functies). Soms door uitgebreide inventarisatie (voor droogte en hitte in de economische analyse van het Deltaprogramma Zoetwater), soms ingeschat op basis van een expert judgement. Omdat de impact zo uiteenloopt en er sprake is van zeer diverse functies in en om, maar ook in het achtergelegen gebied, is er geen gekwantificeerde relatieve waardering aan te geven. Wel is in meer detail gekeken naar de impact op de verschillende deelsystemen en objecten, dit is weergegeven in onderstaande tabel.

Voor de kwetsbaarheden van de deelsystemen/objecten met de blauwe kleur (in de vijfde kolom in de tabel) zijn in deze uitvoeringsagenda maatregelen benoemd die bijdragen aan het klimaatbestendig maken van het HWS. De dreiging overstromingen is niet opgenomen in de tabel, omdat deze dreiging wordt aangepakt naar aanleiding van de toetsing op de waterveiligheid van de primaire en regionale keringen in de daarbij behorende uitvoeringsprogramma's (waaronder het HWBP). De overige systemen/objecten zijn om diverse redenen op dit moment niet verder onderzocht in het kader van een Klimaatbestendig Hoofdwatersysteem. Daarvoor zijn diverse redenen:

- geringe kwetsbaarheid.
- ze worden meegenomen in het Deltaprogramma Zoetwater (*1).
- ze worden meegenomen in de toetsing op de waterveiligheid (*2).

De systemen die ook impact hebben op de scheepvaart, komen tevens aan bod in de stresstest van het HVWN.

Binnen de wel meegenomen kwetsbaarheden (met de blauwe kleur) is geen nadere onderlinge inschatting gemaakt qua urgentie of doelmatigheid. Om dit wel te kunnen doen moeten aanvullende criteria opgesteld en uitgewerkt worden, bijvoorbeeld bedreigde economische waarde/schade, efficiëntie door meekoppelen met lopende/parallelle initiatieven, etc. Veel van de, in deze uitvoeringsagenda genoemde, maatregelen hebben juist het in beeld brengen van deze kwantitatieve informatie tot doel.

Overige opmerkingen bij de tabel:

- De RWS-regio Noord-Nederland is niet vertegenwoordigd in de tabel. Deze regio beheert binnen het Hoofdwatersysteem 'de Waddenzee'. Dit buitenwater is niet meegenomen in de uitgevoerde stresstest wateroverlast. Voor droogte en hitte maakt deze RWS-regio onderdeel uit van de zoetwaterregio Noord en is daarin ook als kwetsbaar aangemerkt. Op basis daarvan wordt de kwetsbaarheid van de IJsselmeren aangepakt in het kader van het Deltaprogramma Zoetwater.
- Het Amsterdam-Rijnkanaal-Noordzeekanaal gebied staat genoemd als onderdeel van de regio West-Nederland Noord. Het Amsterdam-Rijnkanaal valt echter onder de RWS-regio Midden-Nederland.

Tabel: Impact klimaatverandering op deelsystemen en objecten HWS.

Regio	Stresstest	Kwetsbare objecten	Mate van kwetsbaarheid (kwalitatieve vergelijking op basis van informatie uit stresstest)	Watersysteem	Locatie	Impact op
West Nederland Noord	Objecten	Spui- enemaalcomplex IJmuiden	Zeer kwetsbaar	Noordzeekanaal	IJmuiden	Wateroverlast, scheepvaart, waterbeschikbaarheid (en verzilting)
West Nederland Noord	Wateroverlast	Geen objecten beoordeeld		Amsterdam-Rijnkanaal - Noorzeekanaal		Scheepvaart, wateroverlast
West Nederland Noord	Droogte en hitte	Geen objecten beoordeeld		Amsterdam-Rijnkanaal - Noorzeekanaal *1	ARK	Waterbeschikbaarheid (en verzilting)
Midden Nederland	Objecten	Prinsen Irenesluizen en Prins Bernhardsluis	Geringe kwetsbaarheid	Amsterdam-Rijnkanaal*1	Wijk bij Duurstede en Tiel	Waterbeschikbaarheid (en verzilting), scheepvaart
West Nederland Zuid	Droogte en hitte	Geen objecten beoordeeld	Geringe kwetsbaarheid	Hollandse IJssel en lek *1	Krimpen aan de IJssel	Waterbeschikbaarheid (en verzilting)
West Nederland Zuid	Objecten	Goereese sluis	Geringe kwetsbaarheid	Haringvliet *1	Stellendam	Waterbeschikbaarheid (en verzilting)
Midden Nederland	Objecten	Lorentz- en Stevinsluizen	Geringe kwetsbaarheid	IJsselmeer *1	Afsluiddijk	Waterbeschikbaarheid (en verzilting)
Midden Nederland	Droogte en hitte	Geen objecten beoordeeld	Kwetsbaar	IJsselmeer *1	Gehele IJsselmeer	Waterbeschikbaarheid (en verzilting)
Oost Nederland	Droogte en hitte	Geen objecten beoordeeld	Zeer kwetsbaar	Twentekanaalen	Tussen Eefde en Hengelo	Waterbeschikbaarheid
Oost Nederland	Wateroverlast	Geen objecten beoordeeld	Geringe kwetsbaarheid	Kanaalpand Enschede-Hengelo	Tussen Enschede en Hengelo	Wateroverlast
Oost Nederland	Objecten	Gemaal Eefde	Zeer kwetsbaar	Twentekanaalen	Eefde	Waterbeschikbaarheid en scheepvaart
Oost Nederland	Objecten	Regelwerken Pannerden en Hondsbroeksche Pleij		IJssel, Nederrijn-Lek en Waal *2		Waterveiligheid
Oost Nederland	Droogte en hitte	Geen objecten beoordeeld		Nederrijn-Lek en Waal *1 en *2		Waterbeschikbaarheid, scheepvaart
Zee en Delta	Objecten	Spui- en sluisencomplex Terneuzen	Kwetsbaar	Kanaal Gent - Terneuzen	Terneuzen	Waterbeschikbaarheid (en verzilting) en scheepvaart
Zee en Delta	Objecten	Bathse Spuisluis	Geringe kwetsbaarheid	Schelde - Rijn verbinding	Bath	Wateroverlast
Zuid Nederland	Droogte en hitte	Geen objecten beoordeeld	Kwetsbaar	Grensmaas	Tussen Maastricht en Rosteren	Waterbeschikbaarheid
Zuid Nederland	Objecten	Stuwen in ZN	Geringe kwetsbaarheid	Gestuwde Maas *1	Maas	Waterbeschikbaarheid
Zuid Nederland	Wateroverlast	Geen objecten beoordeeld	Kwetsbaar	Grote pand		Scheepvaart
Zuid Nederland	Wateroverlast	Kanaalpand sluis II-I	Kwetsbaar	Wilhelminakanaal	Tilburg	Scheepvaart

BIJLAGE C: Impact klimaatverandering op Hoofdwegennet

Het Hoofdwegennet (HWN) is van groot maatschappelijk belang voor Nederland. Het HWN omvat de wegen van nationaal belang en voorziet in de verbinding van de belangrijkste economische en bestuurlijke centra en in de ontsluiting van de mainports en het achterland. Het huidige HWN is een samenhangend en uniform hoofdnetwerk dat efficiënt wordt beheerd door Rijkswaterstaat.

Het HWN is er niet alleen voor doorgaand verkeer over lange afstanden, maar vormt ook een geïntegreerd onderdeel van regionale en lokale netwerken, zeker in en om de grotere steden. Dit stelt (regionaal) verschillende eisen aan de bereikbaarheid en de beschikbaarheid van het HWN. Ook de leefomgeving is een belangrijk aspect dat wordt meegewogen.

Maatschappelijk belang HWN

- Het HWN omvat 3.077 km rijksweg, waarvan 2.483 km autosnelweg en 594 km niet-autosnelweg. Daarnaast maken de veerverbindingen naar de Waddeneilanden deel uit van het HWN.
- 30% van het HWN ligt in stedelijk gebied, in de Randstad is dit zelfs 60%.
- 80% van het binnenlands vervoer vindt plaats over de weg
- 3 miljoen weggebruikers gebruiken het HWN dagelijks
- Op het HWN wordt ruim 50% van de gereden autokilometers en meer dan 40% van de totale reizigerskilometers in Nederland afgelegd.
- Jaarlijks zijn er 72,4 miljard voertuigkilometers (2018).
- 52% van de tonkilometers op Nederlands grondgebied worden via de weg afgelegd. Ter vergelijking: het aandeel binnenvaart is 43%, het aandeel spoor 6%.

Bron: *Netwerkbeheervisie Rijkswaterstaat*

In paragraaf 2.3 is beschreven hoe het HWN op verschillende manieren gevoelig is voor klimaatverandering. Dit is vastgesteld met behulp van de stresstest die in 2019 uitgevoerd is door Deltares en de hierop volgende vervolgonderzoeken. De stresstest is uitgevoerd in drie opeenvolgende stappen:

1. Bepalen welke bedreigingen voor de bedrijfszekerheid, de aanleg, het beheer, het onderhoud en het gebruik van het HWN door klimaatverandering worden beïnvloed.
2. Het landsdekkend in kaart brengen van de gevoeligheid van het HWN voor deze door klimaatverandering veroorzaakte bedreigingen (de 'gevoeligheidsanalyse').
3. Ontwikkeling en toepassing van een methodiek voor het per bedreiging bepalen van de risico's (gevolgen x kansen), uitgedrukt in termen van herstelkosten van de assets na schade door extreem weer en stremmingskosten voor de weggebruikers (de 'impactanalyse'). (Deltares, 2019)



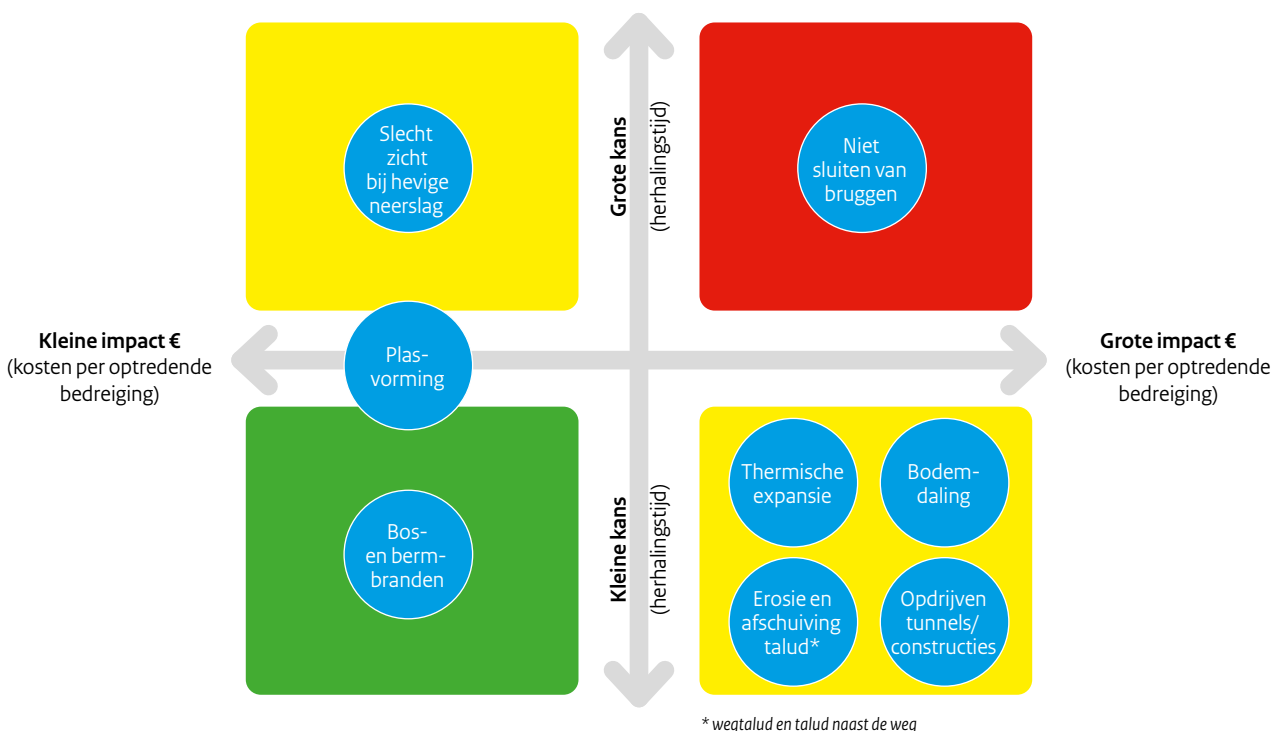
Schematische weergave aanpak stresstest. (Deltares, 2019)

Om de stremmingskosten te berekenen is de gevoeligheid gecombineerd met de duur van de stremming van de wegen en de mate van stremming (volledig of gedeeltelijk). De fysieke schade aan de weg is bepaald door de gevoeligheid te combineren met kentallen van herstelkosten als de weg beschadigd is geraakt. Door voor elke bedreiging de herstel- en stremmingskosten te bepalen is duidelijk zichtbaar dat de impact van de bedreigingen onderling veel kunnen verschillen. Bepaalde bedreigingen gaan naar verwachting voornamelijk veel kosten voor Rijkswaterstaat (herstelkosten) veroorzaken zoals het opdrijven van tunnels, bodemdaling en in mindere mate de erosie en afschuiving van wegtaluds bij extreme neerslag. Andere bedreigingen zullen juist meer kosten voor de weggebruiker (stremmingskosten) veroorzaken, zoals slecht zicht bij hevige neerslag, bos- en bermbranden en het niet kunnen sluiten van bruggen door hitte

Opgemerkt wordt nog dat de gevolgen ook op andere manieren uitgedrukt kunnen worden. Rijkswaterstaat is ervoor verantwoordelijk dat het HWN vlot en veilig gebruikt kan worden. Het is daarom waardevol om de gevolgen van de bedreigingen ook uit te drukken in veranderingen in de veiligheid en beschikbaarheid van het HWN. Deze twee aspecten zijn op dit moment nog in onderzoek.

Om het risico van de bedreigingen te bepalen is er naast de gevolgen (herstel- en stremmingskosten) ook inzicht gegeven in de kans van voorkomen, oftewel de herhalingstijd. De herhalingstijd is het gemiddelde tijdsinterval waarin de bedreigingen zich voor kunnen doen op een bepaalde locatie op het HWN en zijn gelijk getrokken voor het gehele HWN. Bij het bepalen van de toekomstige verandering in schade door klimaatverandering is rekening gehouden met een frequenter voorkomen van extreme gebeurtenissen, en dus met een kortere herhalingstijd. Zo wordt verwacht dat bijvoorbeeld plasvorming op de weg twee keer vaker zal voorkomen in 2050 als gevolg van extreme neerslag, en het niet kunnen sluiten van bruggen als gevolg van hitte vijf keer vaker in 2050.

Met de informatie over de impact, gecombineerd met de kans van voorkomen van de klimaatextremen, kunnen de risico's worden bepaald. De inschatting van de generieke risico's van de verschillende bedreigingen is ingetekend in onderstaande risicomatrix, waarbij de kans afgezet is tegen de impact. Mede aan de hand van deze risicomatrix kunnen bedreigingen worden geprioriteerd en prioritaire maatregelen worden bepaald.



Generieke kans en impact van bedreigingen.

Deze brochure is een uitgave van:
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Postbus 20901 | 2500 EX Den Haag
November 2021 | Publicatie-nr. 21406266