

PROTOCOL 9

Klimaatverandering en Rijnvaart

Besluit

De Centrale Commissie,

verwijzend naar haar besluiten 2008-I-12, 2009-I-5 en 2009-II-8, alsmede naar de verslagen die daaraan ten grondslag liggen,

in het licht van haar streven,

- de broeikasgasemissies van de Rijnvaart in overeenstemming met de in haar lidstaten beoogde vermindering van de emissies te reduceren en
- de Rijn als waterweg en de logistieke ketens van de binnenvaart voor zover nodig aan te passen, zodat de Rijnvaart ook in de toekomst op betrouwbare en economisch zinvolle wijze vervoersprestaties kan leveren en daardoor een bijdrage kan leveren aan het behoud van belangrijke industriële vestigingen,

na kennis te hebben genomen van het hier bijgevoegde verslag van haar Comité Reglement van Onderzoek, Permanent Technisch Comité en Economisch Comité,

stelt vast dat

- de binnenvaart over het potentieel beschikt, haar broeikasgasemissies ook bij een toenemende vervoersprestatie aanzienlijk te reduceren en daardoor haar verantwoordelijkheid voor een bescherming van het klimaat na te komen,
- op basis van de huidige beschikbare kennis voor de Rijn als waterweg in de nabije toekomst (tot 2050) geen eenduidige veranderingen van de waterstanden in vergelijking met de huidige toestand te verwachten zijn,
- vanaf 2050 sterkere gevolgen van de klimaatverandering voor het functioneren van de infrastructurele bouwwerken en de bevaarbaarheid van de Rijn niet kunnen worden uitgesloten,
- ondanks de naar mogelijkheid zeer beperkte gevolgen van de klimaatverandering tot halverwege deze eeuw de betrouwbaarheid van de binnenvaart als vervoermiddel met het oog op de sterker schommelende waterstanden, de nodige aandacht verdient,

verzoekt

- haar Comité Reglement van Onderzoek, op de voorjaarszitting 2012 het aangekondigde basisverslag te overleggen en een gedetailleerd voorstel te doen voor een strategische benadering van de in de toekomst vereiste werkzaamheden,
- haar Permanent Technisch Comité,
 - het thema klimaatverandering actief te blijven volgen en uiterlijk in 2020 een herziene versie van het onderhavige verslag aan de Centrale Commissie voor te leggen,
 - relevante werkzaamheden van andere internationale organisaties die zich met de klimaatverandering en de aanpassingsmogelijkheden van de binnenvaart en de waterwegen bezighouden, op de voet te volgen met het doel, informatie voor de toekomstige herziening van het onderhavige verslag bijeen te brengen,

- haar Economisch Comité, betrokken te blijven bij het onderzoek dat op economisch vlak plaatsvindt, de resultaten daarvan samen met het betrokken bedrijfsleven door middel van gemeenschappelijke bijeenkomsten de evalueren en de Centrale Commissie daarover tussentijdse verslagen voor te leggen,
- haar secretariaat, de door Besluit 2009-II-8 opgedragen werkzaamheden voort te zetten,

besluit, vooruitlopend op de volgende herziening van het verslag van haar Permanent Technisch Comité een conferentie te organiseren om het belang van de CCR als platform voor het thema “Klimaatverandering en scheepvaart” te onderstrepen, waarbij de resultaten van deze conferentie in het volgende verslag in aanmerking dienen te worden genomen.

Bijlage

Bijlage bij het besluit

Klimaatverandering en Rijnvaart

Gemeenschappelijk verslag van het Comité Reglement van Onderzoek, het Permanent Technisch Comité en het Economisch Comité van de CCR voor de najaarszitting 2011

De broeikasgasemissies nemen wereldwijd sneller toe dan verwacht. Er moet van worden uitgegaan dat het klimaat sterker zal veranderen dan momenteel verondersteld wordt. De vastberadenheid van de lidstaten van de CCR om maatregelen ter vermindering en vermindering van broeikasgasemissies ("mitigation") en aanpassingsmaatregelen ter vermindering van risico's en de benutting van economische en maatschappelijke kansen te treffen ("adaptation"), wint daardoor aan belang.

Al in besluit 2009-II-8 heeft de CCR zich tot doel gesteld,

- de uitstoot van broeikasgassen in de Rijnvaart overeenkomstig de dienovereenkomstige doelstellingen van haar lidstaten terug te dringen en
- de vereiste aanpassingen aan de Rijn als waterweg en de logistieke ketens in de binnenvaart tot stand te brengen, zodat de Rijnvaart ook in de toekomst als betrouwbare en economisch zinvolle vervoerswijze kan blijven functioneren en op deze wijze kan bijdragen aan het behoud van belangrijke industriegebieden.

Dienovereenkomstig heeft de CCR

- haar Comité Reglement van Onderzoek verzocht, voor de plenaire herfstzitting in 2011 op basis van dienovereenkomstige onderzoeken en bijdragen van haar lid- en waarnemerstaten, alsmede van de met haar samenwerkende internationale organisaties en vakverenigingen, een verslag op te stellen en daarin een overzicht te bieden van de maatregelen en mogelijkheden waardoor de uitstoot van broeikasgassen in de binnenvaart zou kunnen worden verminderd, deze te evalueren en een voorstel te doen, hoe deze de scheepsexploitanten en andere potentiële gebruikers op adequate wijze toegankelijk kunnen worden gemaakt,
- haar Permanent Technisch Comité verzocht, voor de plenaire herfstzitting in 2011 mogelijke aanpassingsmaatregelen voor de waterwegen te identificeren en scenario's te ontwikkelen, waardoor de Rijnvaart op langere termijn ondanks de gevolgen van de klimaatverandering kan worden behouden,
- haar Economisch Comité verzocht te onderzoeken, welke regelgevende of andere maatregelen of programma's geschikt zouden kunnen zijn om een verdere reductie van de emissie van broeikasgassen te bereiken, alsmede te onderzoeken, hoe aanpassingen van de logistieke keten aan de genoemde "mitigation" en "adaptation" kunnen bijdragen.

De comités hebben deze werkzaamheden verricht en daarover een afzonderlijk verslag opgesteld. Deze afzonderlijke verslagen zijn als aanhangsels 1 tot en met 3 bijgevoegd.

Het **Comité Reglement van Onderzoek** heeft voor het opstellen van zijn verslag in april 2011 een workshop georganiseerd. De presentaties en belangrijkste conclusies van deze goed bezochte bijeenkomst, die voor wat betreft de bijeengebrachte informatie en ervaringen uitermate succesvol mag worden genoemd, zijn op de website van de CCR, www.ccr-zkr.org, beschikbaar. De belangrijkste vaststellingen van het thans voorgelegde verslag zijn de volgende:

- Als de binnenvaart haar concurrentievoordeel als "klimaatvriendelijk vervoermiddel" wil behouden, moet zij haar broeikasgasemissies verder reduceren.
- De binnenvaart kan daartoe een keuze maken uit een groot aantal maatregelen die in aanmerking komen. De maatregelen hangen samen met de bouw en uitrusting van de schepen, de wijze waarop gevaren wordt, alsmede maatregelen die gericht zijn op een "decarbonisatie" van de brandstof, oftewel, het gebruik van brandstoffen die een lagere CO₂-uitstoot mogelijk maken.

- De maatregelen die in de binnenvaart ter vermindering van de broeikasgasemissies kunnen worden getroffen, kunnen ook andere voordelen met zich meebrengen, zoals bijvoorbeeld een latere uitstoot van schadelijke stoffen en minder negatieve gevolgen van de binnenvaart voor de waterecologie.
- De binnenvaart zal in de komende jaren vermoedelijk in grote omvang op alternatieve brandstoffen en energiedragers moeten overstappen, aangezien brandstoffen op basis van minerale olie steeds krappere en dus duurder worden en ambitieuze klimaatdoelstellingen alleen met alternatieve brandstoffen bereikt kunnen worden.
- Een simulatieberekening van broeikasgasemissies toont aan dat een scenario waarbij vooral het besparingspotentieel gerealiseerd wordt dat bereikt kan worden door een toename van de gemiddelde scheepsgrootte, samen met bedrijfsmatige en scheepstechnische maatregelen, de totale uitstoot van de binnenvaart ook bij een toename van de vervoersprestatie ongeveer gelijk zou blijven. Als er bovendien ook gebruik wordt gemaakt van alternatieve, koolstofvrije of –arme brandstoffen en energiedragers, zou de totale uitstoot zelfs aanzienlijk afnemen.

Het Comité Reglement van Onderzoek is voornemens in het voorjaar van 2012 een uitgebreider basisverslag voor te leggen en de CCR meer in detail een voorstel te doen voor een strategische benadering van omvangrijkere werkzaamheden die in de toekomst nodig zijn. Vanwege het algemene belang van het verslag voor de Rijn- en Europese binnenvaart zal het Comité Reglement van Onderzoek nogmaals een workshop organiseren, waar de belangrijkste resultaten van het verslag met alle betrokken economische branches en de bevoegde internationale organisaties kunnen worden besproken. Het is de bedoeling in het verslag rekening te houden met de opmerkingen en aanvullingen van alle betrokkenen, om zo voor de vaststellingen en conclusies van het verslag een brede acceptatie tot stand te brengen en de toekomstige, diepgaandere werkzaamheden met alle belangrijke spelers in de Europese Rijn- en binnenvaart af te stemmen.

Het **Permanente Technische Comité** heeft zijn verslag afgerond en daarbij in essentie de volgende conclusies getrokken:

- uitgaande van de huidige beschikbare kennis zijn voor de onderzochte waterpeilstanden in de nabije toekomst (tot 2050) geen eenduidige veranderingen ten opzichte van de huidige toestand te verwachten;
- vanaf 2050 zijn gevolgen van de klimaatverandering voor het goede functioneren van de infrastructuurbouwwerken niet uit te sluiten;
- vooralsnog zijn er nog geen infrastructurele maatregelen nodig.

Het verslag beschrijft de belangrijkste ingrepen of maatregelen waarmee de Rijnvaart op langere termijn ook bij een voortschrijdende klimaatverandering behouden kan blijven.

Het **Economisch Comité** heeft zijn taak verricht vanuit de invalshoek van de betrouwbaarheid van het vervoermiddel. Op de eerste plaats heeft men vastgesteld dat de vereisten op logistiek vlak nu al de nodige aandacht vergen, hoewel de gevolgen van de klimaatverandering pas in de tweede helft van deze eeuw merkbaar zullen worden. Enkele ervaringen uit het recente verleden maken het mogelijk de afhankelijkheid van de binnenvaart van de waterstanden te beoordelen en de verstrengeling van dit vervoermiddel met andere belangrijke economische branches vast te stellen. Ook in de wetenschap heeft men oog voor de economische vraagstukken die hiermee samenhangen en zijn er onderzoeksprojecten opgezet waarvan de resultaten over enkele jaren te verwachten zijn.

Ter ondersteuning van de binnenvaart komen twee strategische benaderingen in aanmerking:

- een optimale samenstelling van de vloot met het oog op de afvoer en de vaker voorkomende schommelingen van de waterstanden;
- de integratie van de binnenvaart in co-modale concepten om de betrouwbaarheid te optimaliseren en garanderen.

Wat het onderzoek van eventuele regulerende maatregelen voor de vermindering van broeikasgasemissies betreft, heeft een algemene beschouwing van de politieke plannen op het niveau van de Gemeenschap geen directe conclusies opgeleverd. Er zijn weliswaar voor de diverse vervoerstakken regelingen met betrekking tot CO₂-emissierechten ingevoerd, maar het is niet zo dat voor alle vervoermiddelen over land op korte of middellange termijn dergelijke maatregelen in overweging worden genomen. Daarom laat het Economisch Comité de behandeling van dit zeer politieke onderwerp vooralsnog buiten beschouwing.

Het Economisch Comité zal voor de komende jaren de betrouwbaarheid van de binnenvaart en de integratie van deze vervoerstak in co-modale concepten als prioriteit in het werkprogramma opnemen.

Alles bij elkaar genomen maken de verslagen van de comités het volgende duidelijk:

- Alle belangrijke actoren van het complex Rijn- en binnenvaart moeten anticiperen op de gevolgen van de klimaatverandering en vroegtijdig de vereiste aanpassingsmaatregelen voorzien om risico's te voorkomen en de economische en maatschappelijke kansen die dit biedt, te kunnen benutten. Reeds nu al zijn talrijke mogelijke maatregelen bekend, mede omdat de binnenvaart van oudsher met hoog- en laagwaterperiodes geconfronteerd wordt.
- De binnenvaart kan haar broeikasgasemissies aanzienlijk reduceren. Hoewel dit gemeten in absolute hoeveelheden gering is, zal zij het bestaande reductiepotentieel verregaand moeten benutten als zij haar imago van milieu- en klimaatvriendelijk vervoermiddel wil behouden en de noodzaak van een evolutie in de richting van een duurzaam vervoersstelsel in haar voordeel wil beslechten. Hier wordt een oproep gedaan aan alle belangrijke spelers in de binnenvaart om de bestaande opties te benutten en de noodzakelijke maatregelen op de rails te zetten.

Aanhangsels:

1. Mogelijkheden om het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies in de binnenvaart te verminderen
2. Maatregelen voor de aanpassing van de waterwegen en scenario's voor het behoud van de Rijnvaart op lange termijn in het licht van een voortschrijdende klimaatverandering
3. Klimaatverandering en logistiek in de Rijnvaart

Aanhangsel 1

Mogelijkheden om het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies in de binnenvaart te verminderen

Tijdens de najaarszitting in 2009 heeft de CCR, op grond van haar verantwoordelijkheid bij te dragen aan een duurzame Rijn- en binnenvaart, zich voorgenomen om de uitstoot van broeikasgassen in de Rijnvaart, in overeenstemming met de beoogde emissiereductie van haar lidstaten, te verminderen. Om dit doel te bereiken heeft de CCR aan haar Comité Reglement van Onderzoek opdracht gegeven, vóór de plenaire najaarszitting in 2011, op basis van dienovereenkomstige onderzoeken en bijdragen van haar lid- en waarnemerstaten, alsmede van de met haar samenwerkende internationale organisaties en beroepsverenigingen, aan de CCR een verslag voor te leggen met een overzicht van de maatregelen en mogelijkheden ter vermindering van de van broeikasgassen in de binnenvaart, een evaluatie daarvan, en met een voorstel, hoe deze informatie voor de scheepsexploitanten en andere potentiële gebruikers op adequate wijze toegankelijk gemaakt kan worden.

Het verslag gaat over de uitstoot van broeikasgassen in de binnenvaart in de strikte zin van het woord, ofwel de CO₂-emissies die bij de exploitatie van de binnenschepen ontstaan. De uitstoot van andere stoffen dan CO₂ wordt buiten beschouwing gelaten, net als emissies die niet het gevolg zijn van de benutting van de schepen. Deze beperking hangt voornamelijk samen met het feit dat voor andere emissies van de binnenvaart dan die van CO₂ bij de exploitatie van de schepen slechts weinig bruikbare onderzoeken of gegevens beschikbaar zijn. De beperking doet geen afbreuk aan het doel van het verslag, aangezien CO₂ van alle door de binnenvaart veroorzaakte broeikasgassen verreweg het belangrijkste is, terwijl de overige emissies die niet rechtstreeks met de benutting van de schepen samenhangen, in ieder geval in eerste instantie, dermate gering zijn dat zij buiten beschouwing gelaten kunnen worden. Emissies uit de lading, die bijvoorbeeld in de tankvaart te vinden zijn, moeten niet de binnenvaart worden aangerekend, maar de productieketen waar deze ladingen deel vanuit maken.

Doelstelling ter vermindering van de uitstoot van broeikasgassen in de binnenvaart,

Absoluut gezien zijn de broeikasgasemissies van de binnenvaart in verhouding tot de totale broeikasgasemissies van het verkeer en helemaal in vergelijking met alle antropogene broeikasgasemissies van zeer gering belang. Dit vloeit voort uit de hoge energie-efficiëntie van de binnenvaart en haar overwegend geringe belang in de vervoersmix in Europa. De met de binnenvaart concurrerende vervoermiddelen boeken evenwel vooruitgang bij het verminderen van hun broeikasgasemissies. Als de binnenvaart haar concurrentievoordeel "klimaatvriendelijk" wil behouden, is zij dientengevolge tevens gedwongen de broeikasgasemissies terug te dringen.

Als de uitstoot van de broeikasgassen van het verkeer verder blijft toenemen, zou dit de algemene EU-doelstellingen ter vermindering van de emissies ondermijnen. Daarom zijn er maatregelen nodig om de broeikasgasemissies van het verkeer in overeenstemming te brengen met de globale doelstellingen ter beperking van de klimaatverandering. Terwijl verschillende staten evenals de Europese Commissie de doelen voor de emissiereductie voor het globale vervoer gekwantificeerd hebben, is dit voor de binnenvaart niet het geval. Een dergelijke kwantificering is objectief gezien een complexe aangelegenheid, vooral omdat de kennis van de actuele emissies, van de mogelijkheden om de emissies te verminderen en van de algemene economische ontwikkeling onvolledig is.

Dat neemt niet weg dat een dergelijke kwantificering van de streefdoelen voor alle betrokken partijen nuttig zou zijn. Het zou de onzekerheden verminderen en de betrokken partijen in staat stellen, de politieke, economische, technische en andere processen hieraan te koppelen. De noodzaak van een kwantificering van de doelen en de hiervoor vereiste methodiek voor de vaststelling en realisatie van de beoogde klimaatbescherming zijn in het kader van de OESO op ministerieel niveau al bevestigd. Aangezien de lidstaten van de CCR voor ongeveer driekwart van de vervoersprestatie en dus ook de broeikasgasemissies van de binnenvaart in de EU verantwoordelijk zijn, ligt het voor de hand dat deze staten samen met de CCR het voortouw nemen bij de concretisering van de bijdrage van de binnenvaart aan de bescherming van het klimaat.

"Carbon Footprint" van de binnenvaart

Bij het vervoer van goederen kan de CO₂-intensiteit van een vervoermiddel door de CO₂-emissies in verhouding tot de vervoersprestatie, overwegend in g/tkm, maar bijvoorbeeld ook in g/TEUkm, worden weergegeven. Vaak wordt deze verhouding ook als CO₂-emissiefactor¹ aangeduid. Net als voor andere vervoermiddelen staat bij het bepalen van de carbon footprint van de binnenvaart de CO₂-emissiefactor centraal. In een groot aantal onderzoeken probeert men de CO₂-emissiefactor van de binnenvaart te kwantificeren. De bandbreedte van de waarden die deze onderzoeken hebben opgeleverd, is echter zo groot dat daarmee noch een betrouwbare bepaling van de carbon footprint van de binnenvaart voor het vervoers- of klimaatbeschermingsbeleid mogelijk lijkt, noch de CO₂-emissies van logistieke ketens accuraat kunnen worden afgeleid. Een uitweg hiervoor kan gevonden worden door gegevens van binnenvaartondernemingen over hun brandstofverbruik en de vervoersprestatie van verschillende scheepstypen te kruisen met bepaalde statistieken die de CCR op regelmatige basis bijhoudt. Daaruit zouden betrouwbare en algemeen aanvaardbare waarden voor de CO₂-emissies van de binnenvaart moeten resulteren. Daarbij zouden desbetreffende studies in aanmerking genomen moeten worden. De CCR zou deze werkzaamheden kunnen lanceren, begeleiden en door haar vakkennis en omvangrijke gegevensbestanden kunnen ondersteunen.

Het bepalen van de specifieke emissies van een vervoermiddel is een complexe zaak en met onzekerheden verbonden. Des te lastiger is de vergelijking van de emissies van verschillende vervoermiddelen onderling. De gelijklopende uitkomst van de desbetreffende onderzoeken lijkt evenwel te zijn dat de specifieke CO₂-emissies van de binnenvaart ongeveer gelijk is aan die van de spoorwegen en duidelijk lager dan die van het wegvervoer.

Momenteel is het ontwerp van de Europese norm prEN 16258:2011 "Methode voor het berekenen en declareren van het energieverbruik en van de uitstoot van broeikasgassen bij vervoersdiensten (goederen- en personenverkeer)" voor het innemen van standpunten ter inzage beschikbaar. De lidstaten en in het bijzonder de beroepsorganisaties kunnen van deze gelegenheid gebruik maken om een standpunt bekend te maken, opdat de binnenvaart in de definitieve versie van de norm op gepaste wijze in aanmerking wordt genomen.

Maatregelen ter vermindering van de uitstoot van broeikasgassen in de binnenvaart,

in aanmerking:

1. vermijding van vervoer,
2. verschuiving van vervoer naar klimaatvriendelijke vervoermiddelen,
3. vermindering van de specifieke emissies.

¹ Terwijl in het Engels het begrip CO₂-emissie gebruikelijk lijkt, wordt in het Duits het begrip CO₂-emissiefactor gehanteerd. Navolgend wordt per principe het begrip CO₂-emissiefactor gebruikt.

In de praktijk wordt met het vervoersbeleid gestreefd naar een gecombineerde implementatie van de drie fundamentele strategieën.

Het onderhavige verslag gaat alleen in op de strategische optie onder 3. Deze optie wordt dit verslag nader toegelicht. Optie 1 kan een inkrimping van de vraag naar binnenvaartvervoer tot gevolg hebben. Optie 2 is alleen dan voor de binnenvaart positief, als de binnenvaart bij het terugdringen van de broeikasgasemissies successen weet te boeken.

Maatregelen ter vermindering van de uitstoot van broeikasgassen kunnen positieve neveneffecten tot gevolg hebben:

- Resulteert de vermindering van de uitstoot van broeikasgassen uit de vermindering van het brandstofverbruik, treedt in nagenoeg alle gevallen ook een vermindering op van de uitstoot van de andere schadelijke stoffen.
- Een vermindering van het brandstofverbruik resulteert ook in een vermindering van het verbruik van de energiehulpbronnen, in dit geval minerale olie. Dit verstevigt de duurzaamheid van de binnenvaart en vermindert de kosten.
- Wordt de vermindering van de uitstoot van broeikasgassen gerealiseerd door een vermindering van het ingezette aandrijfvermogen, leidt dat in de regel tevens tot een vermindering van de golfslag en van de wijziging in de stroming in de omringende waterlichamen. Dat draagt vervolgens weer bij aan het behoud van de rivierbedding en -bodem (lagere belasting). Negatieve invloeden van de binnenvaart op de waterecologie worden geminimaliseerd.

De binnenvaart is onderworpen aan bijzondere randvoorwaarden met betrekking tot de mogelijkheden ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies, die voor andere vervoermiddelen niet of slechts in veel geringere mate gelden. Kennis en naleving van deze randvoorwaarden is noodzakelijk, wanneer bepaling resp. vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies in de binnenvaart aan de orde is. Binnenschepen varen in relatief ondiep water en zijn daarom per principe onderhevig aan hydrodynamische wetmatigheden van ondiepten. Dit is een wezenlijke factor voor het vereiste motorvermogen van de binnenschepen en daardoor ook voor hun brandstofverbruik en CO₂-emissies.

De scheepseigenaren hebben de keuze uit talrijke technische mogelijkheden om het brandstofverbruik en de CO₂-emissies terug te dringen. Zij kunnen de voor hun schepen en specifieke geval meest rendabele en technisch zinvolste maatregelen kiezen. Wanneer men verschillende maatregelen combineert, kan een vermindering van het brandstofverbruik en van de CO₂-uitstoot van 30% of meer in vergelijking met de thans gangbare schepen mogelijk worden geacht. Bij een verbouwing van voorhanden schepen zijn de potentiële besparingen aanzienlijk geringer. Een kwantificering van het mogelijke besparingspotentieel hangt echter van een groot aantal randvoorwaarden af, die al naar gelang het scheepstype en de gebruiksomstandigheden duidelijk kunnen verschillen. Bij de implementatie van bepaalde maatregelen zijn tekortkomingen in de technische vereisten van de CCR en de EU voor binnenschepen vastgesteld. De voorschriften moeten gemoderniseerd worden, zodat toekomstige veiligheidsproblemen vermeden kunnen worden. Er kunnen grote reductiepotentiëlen worden bereikt door de afmetingen en het draagvermogen van de schepen te vergroten. Vanwege hun zeer grote belang voor de toekomstige ontwikkeling van de emissies, zal het samenspel van deze maatregelen nader worden toegelicht. De grenzen worden hier vooral door de infrastructuur bepaald. Indien grotere scheepsafmetingen bouwwerkzaamheden vereisen, dient er rekening te worden gehouden met de ecologische aspecten van de werkzaamheden aan de waterweg.

De bedrijfsmatige maatregelen voor de vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies hebben veel met de technische maatregelen gemeen. De scheepseigenaren hebben de keuze uit talrijke verschillende maatregelen en kunnen zelf bepalen welke voor hun schip en hun situatie het meest rendabel zijn. Wanneer er tegelijkertijd meerdere maatregelen worden getroffen, kan een vermindering van het brandstofverbruik en van de CO₂-uitstoot van 20% of meer in vergelijking met de huidig gebruikelijke exploitatie van de schepen mogelijk worden geacht. In tegenstelling tot de scheepstechnische maatregelen is er bij operationele maatregelen geen groot verschil tussen nieuwe en reeds bestaande schepen. Het grootste besparingspotentieel wordt bereikt door een optimalisering van de snelheid van de schepen; de optimalisering bestaat eruit, uitgaand van de gewenste aankomsttijd en de vaaromstandigheden op de verschillende etappes van het af te leggen traject, een zo laag mogelijke snelheid te kiezen. Een kwantificering van het mogelijke besparingspotentieel hangt echter van een groot aantal randvoorwaarden af, die al naar gelang het scheepstype en de gebruiksomstandigheden duidelijk kunnen verschillen. Hoewel de scheepseigenaar en schipper het brandstofverbruik en dus ook de emissies van het schip zelf bepalen, zijn er ook een aantal bedrijfsmatige maatregelen waarvoor de waterwegbeheerders de vereiste voorwaarden moeten scheppen, zoals het invoeren van bepaalde applicaties van de binnenvaartinformatiediensten (RIS).

Alternatieve brandstoffen en energiedragers voor de binnenvaart

De binnenvaart maakt vandaag de dag vrijwel uitsluitend gebruik van gasolie of diesel als brandstof. Bij verbranding van gasolie en diesel ontstaat een niet te veronachtzamen hoeveelheid netto uitstoot van CO₂. Met betrekking tot de ontwikkelingen op de brandstofmarkt is op lange termijn voor de binnenvaart een overgang op alternatieve brandstoffen en aandrijvingsvormen een mogelijkheid die niet uitsluitend CO₂-emissies zal verminderen maar tevens de economische duurzaamheid garandeert. Deze alternatieve energiedragers moeten dan wel minder koolstoffen bevatten, of helemaal geen, en op lange termijn of zelfs onbepaald beschikbaar zijn. Vloeibare biobrandstoffen liggen theoretisch weliswaar voor de hand om de huidige minerale olieproducten als brandstof op te volgen, maar zullen niet in de vereiste hoeveelheden duurzaam geproduceerd kunnen worden. Er zal dus een mix van brandstoffen in de binnenvaart gebruikt gaan worden, bestaand uit vloeibare en gasvormige biobrandstoffen en LNG. Ook elektrische energie die aan boord in accu's of na transformatie in de vorm van waterstof wordt opgeslagen, zou minstens in bepaalde gevallen voor de aandrijving van binnenvaartschepen gebruikt kunnen worden. Voordat het zover is, moet er echter een groot aantal voorbereidingen worden getroffen, ook met betrekking tot de wetgeving voor de binnenvaart. Er zal vooral voor gezorgd moeten worden, dat met de toekomstige energiemix de beoogde emissiereductie in de binnenvaart verwezenlijkt kan worden. Voor de overschakeling van de binnenvaart op alternatieve energiedragers zal daarom een strategie uitgestippeld moeten worden. Deze moet grensoverschrijdend worden afgestemd, omdat de binnenvaart in Europa een internationaal karakter heeft. Als de algemene brandstofstrategie die op het vlak van de EU voor de vervoerssector in zijn geheel is aangekondigd, onvoldoende rekening houdt met de binnenvaart, zou hier voor de CCR een rol weggelegd kunnen zijn.

Scenario's voor de ontwikkeling van broeikasgasemissies in de binnenvaart

De binnenvaart beschikt over een groot aantal maatregelen waarmee de broeikasgasemissies van schepen verminderd kunnen worden. Daarbij gaat het om maatregelen die het gebruik van de schepen, hun constructie en hun uitrusting omvatten. Brede toepassing van deze maatregelen in de toekomst zou men als conservatief scenario kunnen bestempelen, omdat deze maatregelen reeds hun intrede in de binnenvaart hebben gedaan en hier algemeen lijken te zijn geaccepteerd.

Anderzijds Verder is er een omvangrijke groep maatregelen die gericht zijn op de "decarbonisering" van de brandstof, oftewel het gebruik van brandstoffen of van alternatieve energiedragers met een lagere netto uitstoot van CO₂. Deze maatregelen worden in de binnenvaart tot dusver hoogstens in uitzonderingsgevallen toegepast. Een toename in de toepassing van deze maatregelen naar een niveau boven dat van de eerstgenoemde zou daarom in het perspectief van broeikasgasreductie als optimistisch scenario beschouwd kunnen worden.

Kenmerkend voor beide scenario's en van bijzonder betekenis is de verhoging van het gemiddelde draagvermogen van de schepen als resultaat van de voortschrijdende modernisering van de binnenvaartvloot. Een modelberekening van de broeikasgasemissies voor deze scenario's laat zien dat volgens het conservatieve scenario de totale emissie ook bij een toename van de vervoersprestatie nagenoeg constant blijft en volgens het optimistische scenario significant zou kunnen verminderen. Met name voor het vervoers- en milieubeleid lijken de volgende mogelijke conclusies die zich daaruit laten trekken van belang:

- Een brede toepassing van de momenteel al her en der aangewende technische en bedrijfsmatige energiebesparingsmaatregelen en een verdere toename van de gemiddelde scheepsgrootte bieden de mogelijkheid om de absolute hoeveelheid van de bedrijfsemisies van broeikasgas in de binnenvaart ook bij een continue toename van het goederenvervoer op een vrijwel constant niveau te houden.
- Een duidelijke reductie van de absolute hoeveelheid bedrijfsmatige broeikasgasemissie in de binnenvaart bij een gelijktijdige toename van het goederenvervoer zal mogelijk zijn, wanneer op grote schaal naast LNG ook biobrandstoffen of alternatieve energiedragers worden ingezet. Dergelijke brandstoffen moeten echter qua compatibiliteit met bestaande motoren en systemen voor nabehandeling van de uitlaatgassen getest worden.

Aanvullende werkzaamheden

Afgezien van de identificatie en ontwikkeling van praktische maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik staat de binnenvaart nog maar aan het begin van een langdurig proces ter reductie van zijn broeikasgasemissies. In dit verslag zijn de volgende werkzaamheden geïdentificeerd die noodzakelijk zijn om dit proces succesvol te laten verlopen:

- bepaling van de carbon footprint van de binnenvaart;
- ontwikkeling van kwantitatieve doelstellingen ter vermindering van de uitstoot van broeikasgassen in de binnenvaart;
- onderzoek van het CO₂-reductiepotentieel bij het gebruik van LNG en andere alternatieve energiedragers (brandstoffen) in de binnenvaart;
- uitwerking van een strategie voor de toekomstige energiedragers (brandstoffen) in de binnenvaart;
- uitwerking van scenario's voor de ontwikkeling van broeikasgasemissies in de binnenvaart;
- bepaling van de vermindering van het brandstofverbruik op grond van het toenemende gemiddelde laadvermogen van de binnenschepen;
- aanpassing van de technische voorschriften voor binnenschepen gelet op de toelating van alternatieve energiedragers (brandstoffen);

- algemene evaluatie van een bindende invoering van de Energy Efficiency Design Index (EEDI) voor de binnenvaart;
- algemene evaluatie van een bindende standaard van de Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) voor de binnenvaart;
- verder onderzoek op het gebied van scheepstechnische maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en van de CO₂emissies van binnenschepen;
- verder onderzoek op het gebied van operationele maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en van de CO₂emissies van binnenschepen;
- ontwikkeling van kwaliteitsstandaarden voor de toekomstige energiedragers (brandstoffen) in de binnenvaart;
- ontwikkeling van maatregelen op waterwegen en in havens ter vermindering van de uitstoot van broeikasgassen in de binnenvaart.

De CCR kan – vooral gelet op haar beperkte middelen – slechts een aantal van de genoemde, aanvullende werkzaamheden ondersteunen. Zij zal zich daarom concentreren op werkzaamheden,

- voor welke zij over gegevens of kennis beschikt die elders niet in die omvang of kwaliteit beschikbaar zijn, bijvoorbeeld met betrekking tot de regelgevende werkzaamheden of marktobservatie,
- die bijdragen aan de ontwikkeling van strategieën en dus zinvol zijn voor de werkplanning van de CCR op de middellange en lange termijn,
- die nodig zijn voor de voorbereiding van maatregelen door derden, in het bijzonder de scheepvaartbranche, of van latere werkzaamheden van de CCR zelf.

Dienovereenkomstig volgen onderstaand voorstellen voor aanvullende werkzaamheden waar de CCR in de Europese context en in afstemming met de Europese Commissie, het binnenvaartbedrijfsleven en de industrie het voortouw zou kunnen nemen. Als de Europese Commissie van plan is deze werkzaamheden voor haar rekening te nemen, zou de CCR ondersteuning of actieve deelname kunnen aanbieden.

- Bepaling van de carbon footprint door de binnenvaart;
- Bepaling van de brandstofverbruik op grond van het toenemende gemiddelde laadvermogen van de binnenschepen;
- Uitwerking van een strategie en aanpassing van de technische voorschriften voor binnenschepen gelet op de toelating van alternatieve energiedragers;
- Algemene evaluatie van een bindende invoering van de Energy Efficiency Design Index (EEDI) voor de binnenvaart;
- Algemene evaluatie van een bindende standaard van de Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) voor de binnenvaart;
- Algemene evaluatie van belangrijke aanvullende maatregelen die de CCR ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies van binnenvaartschepen kan nemen, bijvoorbeeld verkeersbegeleidingssystemen;
- Uitwerking van scenario's van kwantitatieve doelstellingen ter vermindering van de uitstoot van broeikasgassen in de binnenvaart.

**Maatregelen voor de aanpassing van de waterwegen en scenario's
voor het behoud van de Rijnvaart op lange termijn in het licht
van een voortschrijdende klimaatverandering**

1. Uitgangssituatie

Bij Besluit 2009-II-8 heeft het Permanent Technisch Comité de opdracht gekregen, voor de plenaire najaarszitting mogelijke aanpassingsmaatregelen voor de waterwegen te identificeren en scenario's te ontwikkelen waardoor de Rijnvaart op langere termijn ondanks de gevolgen van de klimaatverandering kan worden behouden.

Het onderhavige verslag maakt deel uit van het volledige verslag van de CCR dat hierover zal worden opgesteld.

De conferentie van Rijnvaartministers¹ heeft op 18.10.2007 de Internationale Commissie voor de Bescherming van de Rijn verzocht onderzoek te doen naar de "scenario's voor het afvoerregime van de Rijn". Het onderzoek en de resultaten daarvan worden in hoofdstuk 2.6 beschreven.

Volgens de huidige stand van de wetenschap zal de klimaatverandering waarschijnlijk alleen gevolgen hebben voor de scheepvaart door veranderingen in de hoog- en laagwatersituatie.

2. Stand van het onderzoek in 2011

In dit hoofdstuk worden de inhoud en doelstellingen van de meest actuele nationale onderzoekswerkzaamheden kort beschreven. Daarbij komen alleen projecten aan bod die de Rijn of Rijnvaart centraal stellen.

Voor de verdere uiteenzettingen wordt voornamelijk van de in het project RheinBlick 2050 van de Internationale Commissie voor de Hydrologie van het Rijngebied (ICH) beschreven ontwikkelingstrends uitgegaan, omdat daarin reeds de resultaten van alle nationale voorbereidende werkzaamheden (stand: eind 2010) werden samengevat.

2.1 Zwitserland

Project CCHydro²

Doel van het project CCHydro (klimaatverandering en hydrologie in Zwitserland) van het "Bundesamt für Umwelt" (BAFU) is het om uitgaande van de huidige klimaatscenario's voor de verschillende klimaatregio's, reliëfniveaus en geomorfologische kenmerken in Zwitserland, zowel in de tijd als ruimtelijk, gedetailleerde scenario's van de waterkringloop en afvoer voor de periode tot 2050/2100 ter beschikking te stellen.

Het project is in 7 modules ingedeeld:

- Klimaatscenario's voor Zwitserland tot 2100
- Natuurlijke waterhuishouding van Zwitserland en zijn belangrijkste grote stroomgebieden
- Klimaatverandering en waterhuishouding in gevoelige balansgebieden
- Klimaatverandering en laagwater
- Afvoermodellen van Zwitserse gletsjers
- Klimaatverandering en hoogwater
- Klimaatverandering en watertemperatuur

¹ Communiqué van de conferentie van Rijnvaartministers op 18 oktober 2007.

² www.bafu.admin.ch/wasser/01444/01991/10443/index.html?lang=de

Het project werd in 2008 gestart. De afsluiting van het project is voor december 2011 gepland.

De eerste resultaten van afzonderlijke modules vormen deel van het project RheinBlick 2050 van de CHR.

De meest recente klimaatscenario's van het project tonen voor Europa een duidelijke opwarming voor de komende 40 jaar en vooral tegen het einde van de eeuw, als de trend niet door maatregelen ter bescherming van het klimaat kan worden tegengehouden. Volgens computermodellen ziet de toekomst er voor de grootste Zwitserse gletsjers niet erg positief uit. Afgezien van de kleine en middelgrote gletsjers, zullen naar verwachting ook de grote gletsjers met uitzondering van luttele resten op de allerhoogste bergtoppen volledig wegsmelten.

2.2 Duitsland

Een belangrijk project met betrekking tot de gevolgen van het klimaat voor de verkeerswaterwegen in Duitsland is het nog tot 2013 lopende onderzoeksprogramma "Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt – Entwicklung von Anpassungsoptionen" (afgekort KLIWAS¹; BMVBS, 2009), dat door het Bondsministerie voor Verkeer, Bouw en Stadontwikkeling (BMVBS) gefinancierd wordt. Het onderzoeksprogramma vindt plaats onder leiding van het BfG, in samenwerking met een aantal leidende instanties van het BMVBS (Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG; Deutscher Wetterdienst, DWD; Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, BSH und Bundesanstalt für Wasserbau, BAW). Het is ingebed in nationale en internationale onderzoeksnetwerken. KLIWAS heeft enerzijds tot doel de economische rentabiliteit van dit vervoermiddel te behouden en anderzijds de waterkwaliteit en levensruimten in en langs de rivieren (Rijn, Elbe, Donau) en aan de kust te waarborgen.

De Rijn en zijn functie als waterweg vormt het onderwerp van het zogenaamde KLIWAS-kernproject (KLIWAS 4.01 – waterhuishouding – waterstanden – transportcapaciteit), dat al sinds 2007 basisgegevens en concepten voor het onderzoeksprogramma opstelt. In dit kader worden alle tot nu toe beschikbare basisgegevens over de klimaatverandering uitgebreid geëvalueerd. De resultaten worden in een aantal wetenschappelijke simulatiemodellen opgenomen, die alle wezenlijke subsystemen van het werkingscomplex waterweg afdekken. Zo wordt een brug geslagen tussen de atmosferische broeikasgasconcentraties (1) via het globale en regionale klimaatsysteem (2) en de waterhuishouding in de stroomgebieden (3) naar de waterweg (4) en de kostenstructuren van de binnenvaart (5).

De voor de Rijn toegepaste methoden van het KLIWAS-kernproject werden nationaal en internationaal afgestemd. De KLIWAS-resultaten (bijv. Nilson et al. 2010b) vormen een belangrijke grondslag voor het coördinatieproject RheinBlick2050 van de ICH en de deskundigengroep KLIMA van de ICBR en daardoor dus ook voor dit verslag. Bovendien zullen zij worden gebruikt voor lopende EU-projecten (bijv. EU-ECCONET, AdaptAlp²)

2.3 Frankrijk

In het kader van het nationaal plan ter aanpassing aan de klimaatverandering wordt een studie over de kwetsbaarheid van het Franse waternet onder leiding van VNF uitgevoerd. Momenteel wordt het bestek van deze studie over de kwetsbaarheid opgesteld.

¹ <http://www.kliwas.de>

² <http://www.adaptalp.org/>

2.4 Nederland

2.4.1 Huidige onderzoeken

In Nederland werden in de afgelopen tijd twee onderzoeken gedaan die de verhouding tussen binnenvaart en klimaatontwikkeling tot thema hebben.

Onderzoeksproject "Klimaat en binnenvaart"

Binnen het ministerie voor Infrastructuur en Milieu heeft Rijkswaterstaat als waterbeheerder laten onderzoeken, welke effecten op middel- en lange termijn als gevolg van de klimaatverandering te verwachten vallen.

Daarbij is gebruik gemaakt van klimaatscenario's van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI). Het extreme scenario hierbij is W+, waarbij wordt uitgegaan van een temperatuurstijging van ongeveer + 2 °C in het jaar 2050 in vergelijking met 1990, natte en milde winters, samen met warme en droge zomers en een toename van wind- en luchtstromingen.

W+	Warm +	Stijging van de temperatuur op aarde van 2 °C in 2050 in vergelijking met 1990 + mildere en nattere winters door meer westenwind + warmere en drogere zomers door meer oostenwind
----	--------	---

Het project behandelt de volgende aspecten, uitgaand van de situatie in het jaar 2050:

- de gevolgen van de klimaatverandering op de waterhuishouding en de gevolgen voor de binnenvaart (laag-/hoogwater en grondverzakking/verzanding),
- de gevolgen van de klimaatverandering op kritische punten van de infrastructuur (sluizen en bruggen), op het hoofdwaterwegennet en
- de gevolgen van de klimaatverandering voor de haven van Rotterdam.

De belangrijkste conclusies zijn:

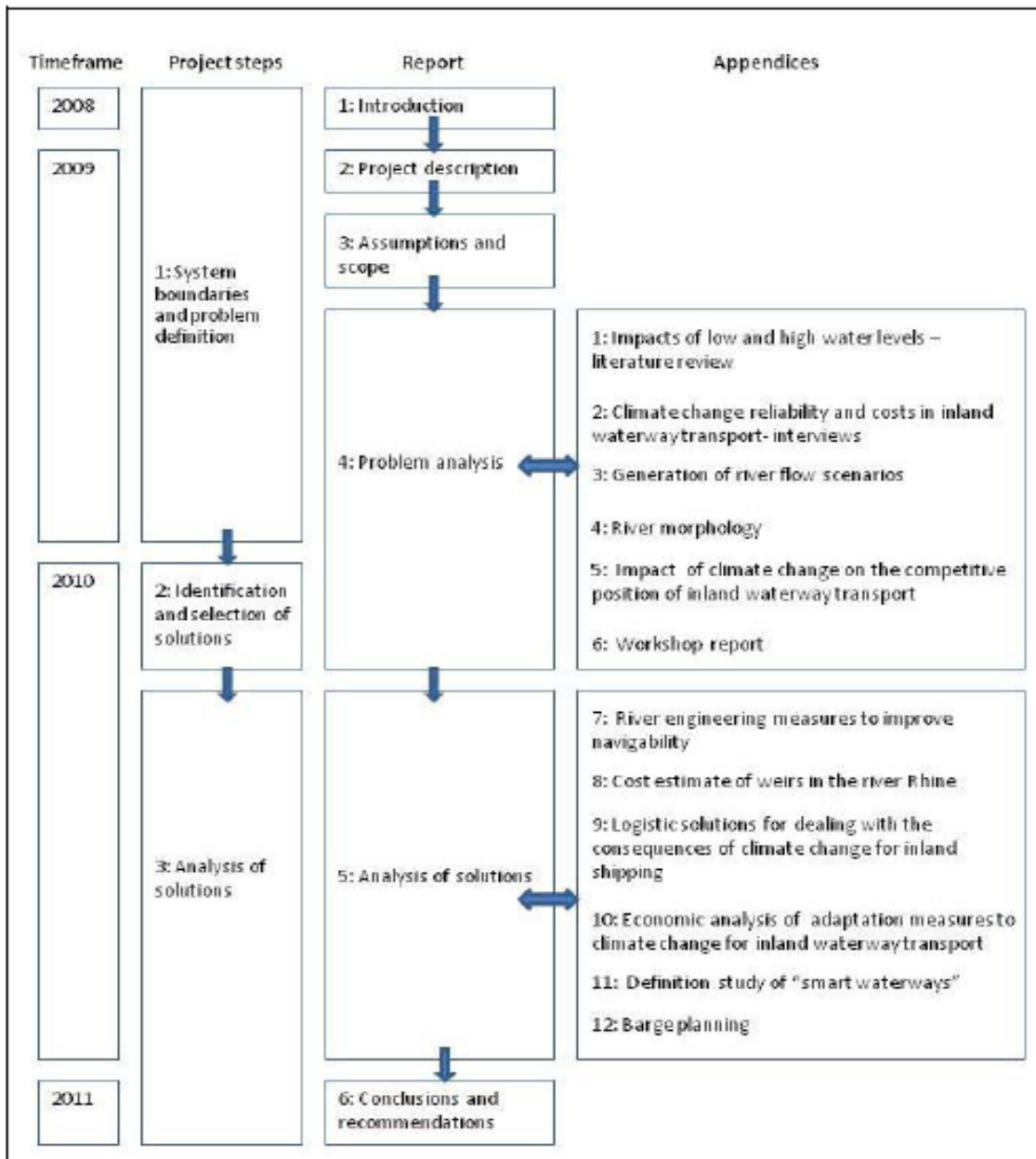
- talrijkere en extremere neerslagperioden in de winter en droge perioden in de zomer, als het W+ scenario doorzet;
- belemmeringen van de scheepvaart door hoog- en laagwater op de Waal, de Rijn en de IJssel. Daardoor ontstaan veranderingen in de vaartijden, vaarkosten, betrouwbaarheid, uitwijkroutes en dus ook hogere transportkosten.

Onderzoeksproject "Klimaatverandering en binnenvaart: effecten voor de binnenvaart, de haven van Rotterdam en mogelijke oplossingen"

Het onderzoeksproject "Klimaat en binnenvaart" is gedeeltelijk opgegaan in het onderzoek van het consortium "Kennis voor Klimaat, Hotspot Rotterdam". Het genoemde consortium bestaat uit de Technische Universiteit Delft, de Vrije Universiteit Amsterdam, ingenieursbureaus en de vakinstellingen TNO, Arcadis en Deltares, het havenbedrijf Rotterdam en het ministerie voor Infrastructuur en Milieu. Afbeelding 1 laat zien hoe het project gestructureerd is.

Ook bij dit project is men van het KNMI-klimaatscenario W+ voor het jaar 2050 uitgegaan. De belangrijkste conclusies zijn:

- a) meer en extremere neerslagperiodes in de winter en droge periodes in de zomer als het W+ scenario doorzet,
- b) belemmeringen van de scheepvaart door hoog- en laagwater in de rivieren,
- c) hogere transportkosten en vertragingen bij de toevoer van goederen,
- d) verschuiving van de binnenvaart naar weg en spoor.



Afbeelding 1: Opzet van het onderzoeksproject "Klimaatverandering en binnenvaart: gevolgen voor de binnenvaart, de haven van Rotterdam en mogelijke oplossingen"

2.4.2 Toekomstige onderzoeken

In het kader van het "Deltaprogramma"¹ zal binnenkort meer onderzoek worden gedaan, waarbij vooral aandacht zal worden geschonken aan een nieuwe dimensionering en verdere uitbreiding van de beschikbare modellen voor de rivieren. Daarmee kan de te verwachten dynamiek van het rivierensysteem bij de verschillende klimaatscenario's worden doorgerekend. Er zal een model voor de gehele Rijn worden gemaakt. Er moet echter op worden gewezen dat er geen rekening zal worden gehouden met de regionale verschillen in de veranderingen van de verdeling van de neerslag die als gevolg van de klimaatverandering zouden kunnen ontstaan.

Bovendien zal het eerste onderzoek "Klimaat en binnenvaart in Nederland" in het kader van het "Deltaprogramma" worden voortgezet.

Verwacht wordt dat het KNMI in 2013 de geactualiseerde scenario's zal publiceren.

2.5 RheinBlick2050²

De CHR onderzoekt al ongeveer 20 jaar de effecten van de klimaatverandering op de waterafvoer van de Rijn en zijn zijrivieren. Nu er zoveel vooruitgang geboekt is met het klimaatonderzoek, rijst de vraag of dit betere prognoses over de toekomstige waterafvoer zou kunnen opleveren. Om deze vraag te kunnen beantwoorden heeft de CHR het project "RheinBlick2050" (Görge, et al., 2010) over de gevolgen van een regionale klimaatverandering op het afvoergedrag van de Rijn en zijn hoofd toevoerrivieren Moezel en Main geïnitieerd. Een internationale werkgroep van deskundigen van onderzoeksinstituten en waterbeheerders heeft de vereiste analyses en berekeningen uitgevoerd, waarvan de resultaten eind 2010 werden gepresenteerd. RheinBlick 2050 dient als basis voor de werkzaamheden van andere nationale instanties en internationale organisaties. Zo zijn de resultaten van het project bijvoorbeeld van groot belang voor de huidige werkzaamheden van de ICBR op het vlak van de klimaatverandering (zie tevens paragraaf 2.6 van dit verslag).

RheinBlick2050 gaat uitsluitend in op de effecten, d.w.z. de veranderingen in het fysische systeem. Aanpassings- of preventiemaatregelen in verband met de klimaatverandering worden niet behandeld. Eén van de kenmerken van het project is dat het een gemeenschappelijk, afgestemd en grensoverschrijdend zicht op de afvoerveranderingen biedt. Het experimentdesign gaat uit van een gangbare methoden om de invloed van de klimaatverandering op de hydrologie te onderzoeken. Er wordt gebruik gemaakt van een bepaald emissiescenario voor broeikasgassen, die afgezet worden tegen verschillende globale klimaatmodellen. Met behulp van een regionaal klimaatmodel (RCM) wordt een samenhang tussen waarnemingen in een groot gebied (bijv. weersomstandigheden) en gegevens van de meetstations (bijv. temperatuur) tot stand gebracht (regionalisering). Aan de hand van dit soort datasets wordt na een uitgebreide beoordeling en keuze van een modelketen een correctie aangebracht voor systematische fouten in de dagelijkse simulatiegegevens van de RCM's voor luchttemperatuur en neerslag. Tot slot worden er hydrologische modelberekeningen voor de analyse van de toekomstige ontwikkeling van het afvoerregime en de laag- en hoogwaterpatronen van stromende waterwegen opgesteld. De scenariobandbreedtes en –tendensen maken het mogelijk veranderingen af te leiden en zijn tevens van belang voor de communicatie van de resultaten. De evaluaties vinden plaats voor bepaalde meetpunten langs de Rijn, Main en Moezel.

¹ Het Deltaprogramma in Nederland (de Deltawerken van de toekomst) heeft tot doel, Nederland nu en in de toekomst te beschermen tegen hoogwater van de zee en de rivieren, waarbij ook de beschikbaarheid van voldoende zoet water aan bod komt.

² <http://www.chr-khr.org/de/projekte/rheinblick2050>

Volgens RheinBlick2050 zijn er voor de nabije toekomst (2021 tot 2050) in het waarnemingsgebied (Rijn, Main en Moezel) ten opzichte van de referentieperiode (1961 tot 1990) in de hydrologische zomer (mei tot oktober) voor gemiddelde en lage afvoeren geen duidelijke veranderingstrends waar te nemen. Voor de hydrologische winter (november tot april) worden waarschijnlijk stijgende laagwaterafvoeren zichtbaar. Bij een verdere toename van de broeikasgasemissies voor het einde van de 21e eeuw kunnen de veranderingen in het afvoerregime volgens de huidige inzichten evenwel duidelijker worden. Voor de gemiddelde afvoer van de Rijn, Main en Moezel tonen de simulaties met deze kenmerken voor de verre toekomst (2071 tot 2100) bijvoorbeeld een toename van tussen de 5% en 40% in de winter en een afname van tussen de 5% en 30% in de zomer.

RheinBlick2050 laat vooral zien dat er niet slechts één projectie van de toekomstige afvoer bestaat. Een groot aantal mogelijke ontwikkelingen levert voor de waarschijnlijkheid van de toekomstige ontwikkelingen een bandbreedte op. Gezien de lange simulatieperiode en de daarmee verbonden onzekerheden, de in de toekomst te verwachten verdere verbeteringen van de klimaatmodellen en talrijke andere invloedfactoren op de toekomstige ontwikkeling van de afvoeren is het volgens de projectverantwoordelijke nodig, projecten zoals RheinBlick2050 van tijd tot tijd bij te stellen.

De concrete resultaten van de modelberekeningen staan in hoofdstuk 3.

2.6 Studie naar scenario's voor het afvoerregime van de Rijn¹

In opdracht van de ICBR heeft een deskundigengroep van de ICBR in de periode 2008 tot 2011 de "Studie naar scenario's voor het afvoerregime van de Rijn" opgesteld. Bij het overleg was ook het secretariaat van de CCR betrokken. Dit onderzoek bevat samenvattende analyses en biedt een overzicht over de huidige en mogelijk te verwachten veranderingen van het klimaat, de waterhuishouding en de watertemperaturen voor de voor planningen relevante periode tot 2050 (met inbegrip van analyses van klimaatscenario's tot 2100) in het Rijnstroomgebied. De studie is bedoeld als basis voor aanvullende werkzaamheden van de ICBR, namelijk de inschatting van mogelijke gevaren en risico's en de ontwikkeling van toekomstgericht, duurzame, preventieve waterbeheerconcepten/adaptatiestrategieën.

De studie heeft tot doel, actuele bevindingen over de mogelijke gevolgen van de klimaatverandering langs de Rijn op een rij te zetten. In het kader van interinstitutionele onderzoeksactiviteiten en projecten zijn er voor verschillende parameters van de waterhuishouding in het Rijnstroomgebied grote gegevensbestanden geëvalueerd met behulp van grensoverschrijdend afgestemde methodes, waardoor er een geïntegreerde kijk kan worden gegeven op de huidige stand van de kennis. Precieze en "ware" uitspraken over de toekomst zijn niet mogelijk. In plaats daarvan vertonen de resultaten een grote bandbreedte.

Dit geldt in het bijzonder voor simulaties van afvoerextremen. De methode voor de behandeling van hoogwater met een lange herhalingsstijd vertoont tekortkomingen, die met name zichtbaar worden aan de Boven-Rijn. Ook wordt er op dit moment geen rekening gehouden met een aantal hydrodynamische aspecten, zoals bijv. het stuwende effect van dijkoverloop en dijkdoorbraak, het stuwende effect van uiterwaarden, maatregelen voor hoogwaterretentie, enz.

¹ Studie naar scenario's voor het afvoerregime van de Rijn, stand april 2011, rapport nr. 188, Internationale Commissie voor de Bescherming van de Rijn (ICBR)

De weergegeven bandbreedtes maken de onzekerheden bij de simulatie met de huidige modellen transparant. Daarbij moet worden bedacht dat de “echte” toekomst nog buiten deze bandbreedte zou kunnen liggen, ondanks de hoge complexiteit en het grote aantal gebruikte modellen. In de actuele modellen wordt er nog geen rekening gehouden met alle elementen van het klimaatsysteem en de waterhuishouding, in de globale klimaatmodellen ontbreekt bijvoorbeeld nog een gekoppelde koolstofkringloop. Hier zal binnenkort verandering in komen, met de publicatie van het in 2013/2014 verwachte evaluatierapport van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

De voorgestelde resultaten zijn meestal gematigder dan de waarden die tot nu toe zijn gepubliceerd. Dit mag evenwel geenszins worden geïnterpreteerd als zou “alle gevaar geweken zijn”. De op grond van recente berekeningen verkregen procentuele veranderingen belopen momenteel getallen in twee cijfers die, als deze worden bevestigd, van het systeem “Rijn” een grote capaciteit tot aanpassing zullen vergen, die bovenop hetgeen dat in de 20e eeuw reeds werd gevegd, komt. Als er bovendien wordt uitgegaan van een verdere toename van de concentraties broeikasgassen tot het einde van de 21e eeuw zullen de veranderingen nog veel significanter zijn.

In dit rapport is er bewust geen ensemblecentrum weergegeven. Deze waarde vertegenwoordigt in het geval van de mediaan slechts het middelpunt van een range van simulaties die allemaal even waarschijnlijk moeten worden geacht¹. De keuze van deze waarde kan niet objectief worden gemotiveerd. De adaptatiediscussie reduceren tot een enkele “klimaatwaarde” kan leiden tot een vertekening van de werkelijke stand van de kennis over mogelijke gevolgen van de klimaatverandering.

De studie van scenario's voor het afvoerregime van de Rijn komt tot de conclusie dat bij de besluitvorming over een adaptatiestrategie met de onzekerheden van de toekomstprojecties rekening gehouden moet worden. Een deel van de verantwoordelijkheid van de besluitvormer is de beantwoording van de vraag of een adaptatiemaatregel wordt gedimensioneerd op basis van de bovengrens, de ondergrens of de centrale schatting van een ensemble.

2.7 Gevolgen van de klimaatverandering voor het netwerk van binnenwateren (ECCONET)²

Met dit researchproject wordt beoogd expertise van partners uit de sectoren meteorologie, hydrologie, infrastructuur, vervoerwetenschappen- en economische wetenschappen bijeen te brengen, om de gevolgen van de klimaatverandering voor het verkeersnet aan de hand van voorbeelden van de binnenwaterwegen te onderzoeken.

Daarbij worden ook de resultaten van de projecten EWENT³ und WEATHER⁴, die de gevolgen van extreme weersomstandigheden voor de gehele vervoersector – met uitzondering van de binnenvaart – onderzoeken, in aanmerking genomen.

Het project ECCONET heeft twee parallele researchdoelen:

- analyse van de verschillende gevolgen van de klimaatverandering voor de binnenvaart
- analyse van aanpassingsstrategieën en de gevolgen daarvan voor de sector.

Het project ECCONET wordt door tien Europese partners in het kader van het zevende kaderprogramma van de Europese Gemeenschap voor activiteiten op het gebied van onderzoek uitgewerkt. De resultaten van het project zijn naar verwachting in 2012 beschikbaar en dienen ter ontwikkeling van beleidsrichtsnoeren en van een strategisch kader voor de binnenvaart.

¹ In principe dient er bij analyses op basis van scenario's geen sprake te zijn van objectieve waarschijnlijkheden. “Waarschijnlijkheden” worden in dit verband altijd beïnvloed door de subjectief gekozen hypothesen en modellen.

² www.econet.eu

³ <http://virtual.vtt.fi/virtual/ewent/index.htm>

⁴ <http://www.weather-project.eu>

3. Hydrologische ontwikkeling

Momenteel kent de Rijn dankzij de toevoer in de lente/zomer van smeltwater en neerslag in de Alpen en door neerslag in de herfst/winter in de lager gelegen gebieden een stabiele afvoer. Het smeltwater van de winterse sneeuwlaag en van de gletsjers is vandaag de dag een belangrijke bron voor de gelijkmatige afvoer in perioden met geringe neerslag. Deze compenserende invloed zal door het afsmelten van de gletsjers in de toekomst echter voortdurend afnemen. De waarschijnlijkheid van langere periodes van buitengewoon lage waterstanden zal in de verre toekomst (2071 tot 2100) toenemen.

In het Rijnstroomgebied zijn er verschillende overlappende afvoerregimes. Het zuidelijke afvoerregime rond de Alpen wordt gekenmerkt door de wisselwerking van opbouw van de sneeuwlaag in de winter, het smelten van de sneeuw in de zomer en relatief veel neerslag in de zomer, het zogenaamde "sneeuwregime" of "nival regime". Dit heeft tot gevolg dat laagwatersituaties zich voornamelijk in de winter en hoogwatersituaties zich voornamelijk in de zomer voordoen. Kenmerkend voor de zijrivieren van de Rijn die in het middelgebergte voor de waterafvoer zorgen (Neckar, Main, Lahn, Moezel, enz.) is een "regenregime", oftewel "pluviaal regime". Hier blijkt dat in de winter meer hoogwater en in de zomer meer laagwater voorkomt. Door een overlapping van beide regimes ontstaat stroomafwaarts van de Rijn, zoals bij de peilschaal in Keulen, een "gecombineerd regime", oftewel een steeds gelijkmatigere verdeling van de afvoer over het jaar.

Wijzigingen in de klimatologische randvoorwaarden beïnvloeden het afvoerregime. Gezien over de gehele 20e eeuw blijkt er een tendens te bestaan in de richting van meer neerslag (pluvialisering) met dien verstande dat de winterafvoer toeneemt. In het zuiden leidde dit tot een afname en in het noorden tot een versterking van de tegenstellingen binnen een jaar. Voor de 21e eeuw gaan de meeste prognoses ervan uit dat deze tendens behouden zal blijven en op grond van een verdere afname van de afvoer in de zomer zelfs nog sterker zou kunnen worden. De navolgende tabel geeft de marges aan die op grond van deze basistendensen te verwachten zijn.

De percentuele waarden zijn het resultaat van talrijke modelsimulaties, die door verschillende nationale onderzoeksactiviteiten en instituten werden geleverd en in het kader van het coördinatieproject RheinBlick 2050 werden gebundeld en qua methode werden afgestemd. De onderzoeken hebben aangetoond dat er geen "perfect" model voor de simulatie van de toekomstige afvoer- en waterwegomstandigheden bestaat. Het is daarom gangbaar, verschillende modellen in te zetten, teneinde de onzekerheidsmarge van de simulaties te vast te kunnen stellen.

Tabel 1: De te verwachten percentuele veranderingen in de laagwaterafvoer (NM7Q) in periodes van 30 jaar ten opzichte van het gesimuleerde heden (1961 tot 1990) en het midden (2021 tot 2050 – nabije toekomst) resp. het einde (2071 tot 2100 – verre toekomst) van de 21^e eeuw. *De cursief gedrukte peilstations bevinden zich niet aan de Rijn.* (Bron: Nilson et al., 2010b)

	Peilstation	2021 – 2050	2071 - 2100
NM7Q Zomer hydrologisch zomersemester (mei-okt)	Bazel	+/-10%	-20 tot -10%
	Maxau	+/-10%	-20 tot -10%
	Worms	+/-10%	-25 tot -10%
	Kaub	+/-10%	-25 tot -10%
	Keulen	+/-10%	-30 tot -10%
	Lobith	+/-10%	-30 tot -10%
	<i>Raunheim (Main)</i>	0 tot +20%	-20 tot 0%
	<i>Trier (Moezel)</i>	+/- 20%	-50 tot -20%
NM7Q Winter hydrologisch winter- semester (nov-apr)	Bazel	+5 tot +15%	0 tot +15%
	Maxau	0 tot +10%	-5 tot +15%
	Worms	+5 tot 15%	-5 tot +15%
	Kaub	0 tot +15%	-5 tot +15%
	Keulen	0 tot +15%	0 tot +20%
	Lobith	0 tot +15%	-5 tot +15%
	<i>Raunheim (Main)</i>	+5 tot 15%	0 tot +20%
	<i>Trier (Moezel)</i>	+/-15%	0 tot +20%

NM7Q: het laagste rekenkundige gemiddelde van de afvoer gedurende zeven dagen na elkaar

- Grijs Geen trend
- Blauw Toename van de afvoer
- Oranje Afname van de afvoer
- Wit Geen conclusie mogelijk

Tabel 2: De te verwachten percentuele veranderingen van de gemiddelde hoogwaterafvoer (MHQ), alsmede de afvoer bij “vaak optredend”, “gemiddeld” en “extreem” hoogwater (uitgedrukt in het aantal gebeurtenissen per 10, 100 en 1000 jaar) in periodes van 30 jaar ten opzichte van het gesimuleerde heden (1961 tot 1990) en het midden (2021 tot 2050 – nabije toekomst) resp. het einde (2071 tot 2100 – verre toekomst) van de 21^e eeuw. *De cursief gedrukte peilstations bevinden zich niet aan de Rijn.* (Bron: Nilson et al., 2010b)

Index	Peilstation	Nabije toekomst	Verre toekomst
MHQ hydrologisch jaar (nov-okt)	Bazel	-5% tot +10%	-25% tot +15%
	Maxau	-5% tot +15%	-20% tot +15%
	Worms	-10% tot +20%	-15% tot +15%
	Kaub	-5% tot +25%	-10% tot +20%
	Keulen	0% tot +20%	-5% tot +25%
	Lobith	0% tot +20%	-5% tot +20%
	<i>Raunheim (Main)</i>	0% tot +35%	0% tot +35%
	<i>Trier (Moezel)</i>	-10% tot +15%	-10% tot +20%
Afvoer bij “vaak optredend” hoogwater	Bazel	-10% tot +10%	-20% tot +20%
	Maxau	-15% tot +20%	-15% tot +25%
	Worms	-15% tot +15%	-10% tot +35%
	Kaub	-15% tot +15%	-5% tot +40%
	Keulen	-5% tot +15%	0% tot +40%
	Lobith	-5% tot +15%	0% tot +35%
	<i>Raunheim (Main)</i>	0% tot +30%	5% tot +40%
	<i>Trier (Moezel)</i>	-5% tot +15%	0% tot +25%
Afvoer bij “gemiddeld optredend” hoogwater	Bazel	-20% tot +10%	-30% tot +25%
	Maxau	-10% tot +15%	-25% tot +30%
	Worms	-5% tot +20%	-25% tot +35%
	Kaub	-5% tot +20%	-10% tot +25%
	Keulen	0% tot +20%	0% tot +25%
	Lobith	0% tot +20%	0% tot +25%
	<i>Raunheim (Main)</i>	0% tot +20%	0% tot +35%
	<i>Trier (Moezel)</i>	-5% tot +25%	-5% tot +25%
Afvoer bij “extreem” hoogwater	Bazel	-20% tot +35%	-10% tot +50%
	Maxau	-20% tot +35%	-20% tot +65%
	Worms	-15% tot +30%	-20% tot +45%
	Kaub	-5% tot +25%	-10% tot +30%
	Keulen	-5% tot +25%	0% tot +30%
	Lobith	-5% tot +20%	-5% tot +30%
	<i>Raunheim (Main)</i>	-5% tot +40%	0% tot +45%
	<i>Trier (Moezel)</i>	-35% tot +20%	-20% tot +45%

MHQ: gemiddelde hoogwaterafvoer

Grijs Geen trend

Blauw Toename van de afvoer

Oranje Afname van de afvoer

Wit Geen conclusie mogelijk

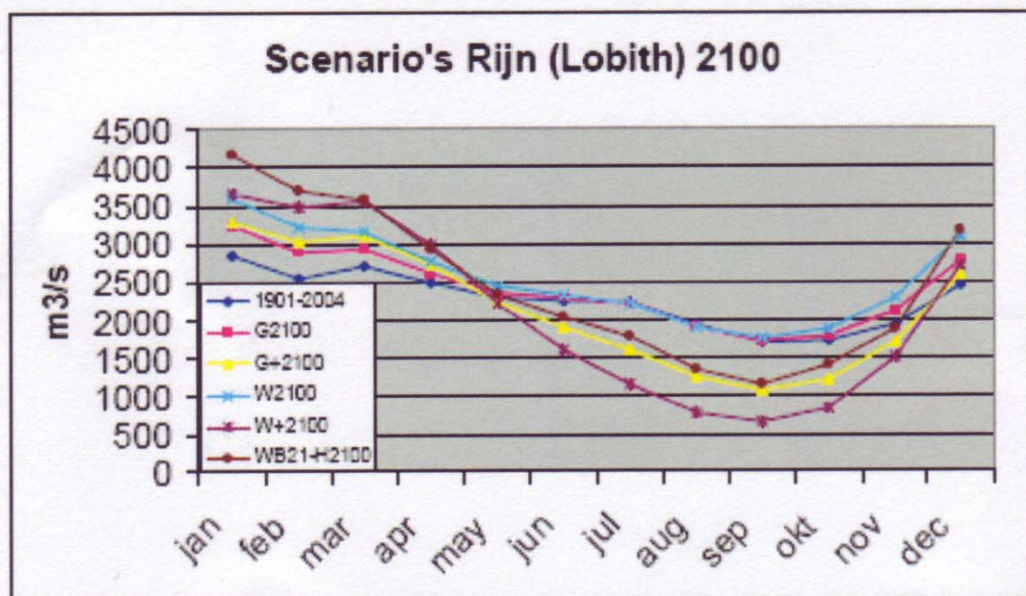
4. Gevolgen voor de Rijnvaart

4.1 Waterpeil

Na analyse van de nu beschikbare studies zijn voor de onderzochte peilstations in de nabije toekomst, dus tot 2050, geen eenduidige veranderingen in vergelijking met de huidige situatie vast te stellen. Verschillende hoogwaterparameters tonen voor meerdere meetpunten stijgende trends, maar de onzekerheidsmarge is aanzienlijk (- 5% tot + 25%). De voor de zomermaanden vaak veronderstelde toename van extreme laagwatersituaties wordt niet bevestigd. De geprognosticeerde veranderingen van de laagwaterafvoeren laten tijdens de zomer geen tendens zien (+/- 10%). Voor de wintermaanden leveren de simulaties zelfs stijgende waarden (0% tot + 15%), wat eigenlijk gunstig voor de scheepvaart zou moeten zijn.

Voor de verre toekomst (2071 tot 2100) is er evenwel sprake van grotere veranderingen, als men tenminste uitgaat van een verdere toename van de broeikasgasuitstoot (en de daarmee gepaard gaande verdere stijging van de temperatuur). Voor de gemiddelde afvoeren worden in de simulaties gedeeltelijk sterkere afwijkingen berekend dan voor de nabije toekomst. De bandbreedte neemt voor enkele parameters en peilstanden met 40% toe. De afname van de laagwaterafvoeren in de zomer wordt met 10% tot 30% aangegeven en de toename in de winter ligt tussen de 5% tot 30%.

Voor de peilschaal te Lobith geeft de volgende afbeelding modelberekeningen voor 2100 weer (RHINEFLOW-3). In vergelijking met de gemiddelde waarden van 1901 tot 2004 is een toename van de afvoer in de winter en een afname in de zomer waarneembaar.



Afbeelding 2: Gemiddelde maandelijkse Rijnafvoeren voor verschillende scenario's in 2100

Ondanks de bandbreedte van de resultaten blijkt duidelijk uit de scenario's dat voor de verre toekomst potentiële maatregelen (zie hoofdstuk 5) in overweging genomen kunnen worden, om vooral de voor de zomermaanden voorspelde extreme laagwaterperiodes voor de Rijn en de daaruit voortvloeiende beperkingen voor de scheepvaart te compenseren.

4.2 Infrastructuur

Vanaf 2050 kunnen de effecten van de klimaatverandering voor het goede functioneren van de gebouwde infrastructuur, en dan vooral de stuwen in de Boven-Rijn en in Nederland de bruggen, vaargeulen, dijken en havens, niet uitgesloten worden.

Hoog- en laagwaterperioden zijn, onafhankelijk van de klimaatverandering, van groot belang voor wat de bouwtechnische scheepvaartvoorzieningen betreft en hiermee moet toch al bij verbouwingen en nieuwbouw, alsmede bij renovatie rekening worden gehouden.

Tabel 3 biedt een overzicht van de scheepvaartinfrastructuur die bij hoog- en laagwater een knelpunt zou kunnen vormen:

Tabel 3: Kritische infrastructuur

Bouwwerk	Opmerkingen
Sluizen	Als de bovenstroom bij de sluis niet diep genoeg is, kan de zogenaamde drempel bij de ingang een kritiek punt gaan vormen. Deze drempel, die samen met de sluisdeuren de waterdichting vormt, ligt vaak iets hoger dan de daarachter liggende vaargeul.
Bruggen	De extreme scenario's worden gekenmerkt door langere perioden laagwater, maar ook hoogwater kan voorkomen. Hierdoor kunnen vooral voor de containervaart problemen ontstaan voor de doorvaart onder lage bruggen tussen Bazel en Straatsburg.
Havens en kades	Het gebruik van havenbekkens of kades kan door extreme waterstanden gedeeltelijk of geheel beperkt worden.
Dijken	Dijken vormen op de eerste plaats een bescherming tegen hoogwater, maar zijn tevens van nut voor de scheepvaart. Als de dijken door hoogwater meer belast worden, zou dit tot belemmeringen voor de scheepvaart kunnen leiden. Omgekeerd zou een versterking en verhoging van de dijken als bescherming tegen hoogwater de scheepvaart bij hogere waterstanden mogelijk kunnen maken dan nu het geval is.
Vaargeul/rivierbed	Het rivierbed is permanent aan veranderingen onderhevig. Dit is enerzijds te wijten aan menselijke activiteiten, maar anderzijds ook aan natuurlijke processen zoals de afzetting van sediment en erosie. De afzetting van sediment en erosie worden o.a. door de waterstanden en de stroomsnelheid beïnvloed, die op hun beurt weer door het debiet worden beïnvloed. De toename van extreme afvoersituaties op grond van de klimaatverandering zal dienovereenkomstig tot meer erosie en sedimentafzettingen leiden.
Ligplaatsen	Ligplaatsen moeten op extreme waterstanden berekend zijn. Dit geldt zowel voor hun vormgeving als voor het aantal beschikbare ligplaatsen, omdat er bij hoogwater van de ligplaatsen meer gebruik wordt gemaakt.
Kribben	Kribben hebben tot doel bij laagwater een waterstand te waarborgen die scheepvaart toelaat en vragen om de nodige aanpassingen.

4.3 IJsgang

De water- en luchttemperatuur hebben geen directe invloed op de scheepvaart.

De binnenvaart wordt echter in bepaalde jaren sterk gehinderd door ijsvorming, en dan vooral op de kanalen. Als de temperaturen in de winter stijgen, zal dit de scheepvaart op de kanalen direct ten goede komen en indirect dus ook de Rijnvaart. Anderzijds zou een verbeterde waterkwaliteit het vriespunt van het water kunnen verhogen en dus zou het waarschijnlijker worden dat de rivier bevroest ondanks de stijgende gemiddelde luchttemperatuur. Dit zou eventueel ook voor de Rijn kunnen gelden.

4.4 Stijging van de zeespiegel

De stijging van de zeespiegel leidt op zeer lange termijn tot een stijging van het waterpeil in de rivieren en tot veranderingen in het rivierbed. De gevolgen zullen zich waarschijnlijk voornamelijk beperken tot de monding en benedenloop van de Rijn. Ook de invloed van de getijdenwerking zal landinwaarts merkbaar worden. Voor de binnenvaart heeft het stijgen van de zeespiegel een gunstige werking, omdat de rivieren hierdoor dieper worden. De rivier reageert echter met een sterke vertraging.

5. Facit en mogelijke maatregelen

5.1 Facit

Uitgaande van de huidige beschikbare kennis zijn er voor de onderzochte meetpunten in de nabije toekomst (tot 2050) geen eenduidige veranderingen ten opzichte van de tegenwoordige situatie te identificeren.

Vanaf 2050 zijn als gevolg van de klimaatverandering effecten voor het functioneren van de infrastructuur niet uit te sluiten.

5.2 Mogelijke maatregelen

Dit verslag heeft tevens tot doel mogelijke maatregelen aan te duiden die ook bij langere periodes hoog- en laagwater als gevolg van het klimaat een veilige en rendabele scheepvaart mogelijk maken.

Hoewel er talrijke maatregelen ter beschikking staan waardoor de Rijn als waterweg aan de voortschrijdende klimaatverandering zou kunnen worden aangepast, kunnen zij aan de hand van de nu beschikbare kennis slechts zeer gedeeltelijk worden geëvalueerd. Maar momenteel is het derhalve nog niet mogelijk, in detail een beschrijving te geven van de scenario's die in aanmerking komen om de Rijnvaart op lange termijn te waarborgen.

De verwachte hoog- en laagwatersituaties zijn op zich niets nieuws en zijn niet alleen het gevolg van de klimaatverandering. Daarom heeft de binnenvaart al maatregelen ontwikkeld waardoor ook onder minder gunstige voorwaarden transporten kunnen plaatsvinden, waar bijvoorbeeld bij lang aanhoudende droogteperiodes dan ook gebruik van wordt gemaakt.

Daarnaast zijn er nu al ontwikkelingen die ook in de verre toekomst (2071 tot 2100) voor de klimaatverandering waardevol kunnen zijn. De toepassing en het gebruik van beschikbare gegevens zijn van groot belang voor de logistieke keten. In het kader van het concept voor de binnenvaartinformatiediensten (RIS) zijn systemen ontwikkeld om de actoren te informeren over de actuele waterstanden, waterstandprognoses, reisplanning, verkeerssturing enz. Ook het automatische identificatiesysteem (AIS) en het systeem voor de elektronische weergave van scheepvaartkaarten en de daarin vervatte informatie (ECDIS) spelen een rol. Hier is er ook nu al behoefte aan precieze informatie over de laaddiepte en waterstanden. Het zou zeer interessant zijn als men enkele dagen voor vertrek over een gedegen prognose voor de waterstanden zou kunnen beschikken, zodat de reis en belading dienovereenkomstig gepland kunnen worden. Als gevolg van de klimaatverandering zal de vraag naar dit soort informatie zeker toenemen.

Op grond van de huidige inzichten over de mogelijke hoog- en laagwatersituaties hoeven voor de Rijnvaart niet direct maatregelen te worden getroffen. Het is echter aan te raden bij de bouw van nieuwe infrastructuur – voor zover mogelijk – rekening te houden met de gevolgen van de klimaatverandering. Dit valt in de categorie van de “no-regret-maatregelen”. Dit zijn maatregelen die onafhankelijk van het doel “aanpassing van de Rijnvaart aan de klimaatverandering” getroffen kunnen worden, terwijl ze ook binnen deze optiek zinvol zijn. Het gaat daarbij om maatregelen die uitgevoerd kunnen worden, zonder ze op een later tijdstip te moeten “betreuren”, omdat ze primair voor een ander doel bestemd waren.

Afgezien van deze maatregelen moet er op langere termijn - al naar gelang hoe de klimaatverandering zich ontwikkelt - mee gerekend worden dat het dringender zal worden om in te grijpen. Hiertoe worden navolgend mogelijke maatregelen vermeld.

Bouwtechnische aanpassingen aan de rivier

Hierna volgt een beschrijving van het onderscheid dat tussen twee soorten bouwtechnische aanpassingen aan de rivier gemaakt kan worden.

Technische maatregelen

De bevaarbaarheid kan door technische maatregelen in het vaarwater verbeterd worden, bijv. door uitbaggeren, aanleg van kribben, kolkopvulling, plaatsen van bodemschermen, aanleg van onderwaterkribben, strekdammen en wijzigen van bestaande kribben. Onder bepaalde omstandigheden kunnen deze maatregelen een structurele verbetering van de bevaarbaarheid opleveren. Baggerwerk is verreweg de goedkoopste technische oplossing om de bevaarbaarheid te verbeteren. Toch is er een voorkeur voor duurdere duurzame maatregelen, aangezien baggerwerk de scheepvaart belemmeren of het ongevalrisico verhogen kan.

Stuwregeling van de Rijn

Stuwregeling van bepaalde gedeelten van de Rijn is mogelijk door middel van waterkeringen en sluizen. In tijden van een lage afvoer zijn de waterkeringen gesloten, zodat hierdoor een vaardiepte gewaarborgd wordt die scheepvaart toelaat. De sluizen maken het mogelijk, zei het met enige vertraging, de scheepvaart voort te zetten.

Watermanagement

Hierbij gaat het in het bijzonder om maatregelen die vooral in de Boven-Rijn het water langer vasthouden. Dit kan door middel van het aanleggen van retentiebekkens, nieuwe stuwdammen in de Alpen en verdere retentiemaatregelen. Er zijn ook duurzame renaturatiemaatregelen denkbaar, zoals de inrichting van natte weilanden en een grotere waterdoorlaatbaarheid van de bodem. Deze maatregelen kunnen ertoe bijdragen de afvoer te vertragen en gelijkmatig over het jaar te verdelen.

Logistiekmanagement

Het gaat hier om het verhogen van de belastbaarheid en flexibiliteit van de verzorging door wijziging van de logistieke keten. Dit kan bereikt worden door het ter beschikking stellen van grotere opslaghallen, meer opslagcapaciteit, **alternatieve routes, extra vervoermiddelen of extra overslagfaciliteiten in havens en terminals**. Extra opslagcapaciteit en kleinere schepen zijn de best haalbare oplossingen voor stroomopwaarts gelegen vestigingsplaatsen. Het tijdelijke gebruik van schepen als drijvende opslagplaatsen zou ook een optie kunnen zijn. Een langere dagelijkse exploitatie van de schepen kan een positieve bijdrage aan het logistieke beheer leveren en tegelijkertijd de rendabiliteit verbeteren. Dit lijkt bijzonder effectief en dient dus twee doelen.

Vlootmanagement

Hier worden in het bijzonder schepen met geringere diepgang in aanmerking genomen. Deze schepen zijn breder, langer en uit licht materiaal vervaardigd. Bovendien hebben zij gedeeltelijk een extra (tijdelijk) drijfvermogen.

Voor de uitvoering van bepaalde maatregelen, zoals uitdieping in plaats van verbreding van de vaargeul, aanleg van retentievoorzieningen, doorlaatbaar maken van grondoppervlakken en renaturatie, moeten ruimschoots voor de planning van maatregelen in overweging worden genomen. Met name de voor milieurelevante maatregelen voorschreven milieueffectrapportage en vereiste inspraak van burgers en betrokken actoren kunnen afhankelijk van de omvang van de maatregelen zeer veel tijd in beslag nemen.

Het laatste rapport van het IPCC over de stand van zaken waarin geactualiseerde informatie over de te verwachten klimaatveranderingen zal worden geleverd, wordt voor eind 2013 verwacht. Waarschijnlijk zal daarin rekening zijn gehouden met de laatste ontwikkelingen in de globale klimaatmodellen. Deze aangepaste klimaatmodellen zullen vermoedelijk een betrouwbaardere uitspraak over de toekomstige ontwikkeling van de klimaatverandering en de gevolgen daarvan voor het afvoerregime van de Rijn mogelijk maken.

Facit

Maatregelen van infrastructurele aard zijn vooralsnog niet onmiddellijk nodig.

Klimaatverandering en logistiek in de Rijnvaart

Inleiding

1. De Rijnvaart zal halverwege deze eeuw naar alle waarschijnlijkheid het hoofd moeten bieden aan waterstanden die steeds onberekenbaarder worden. Enerzijds zullen zich steeds vaker pieken in de waterafvoer voordoen die tot hoogwater leiden en de scheepvaart kunnen belemmeren, en anderzijds zullen er langere periodes met een geringe afvoer ontstaan, die lage waterstanden zullen veroorzaken. Hoewel deze omstandigheden slechts geleidelijk aan hun intrede zullen doen, kan men zich op grond van het recente verleden reeds een voorstelling maken van de nieuwe randvoorwaarden waarbinnen de logistieke activiteiten die tegen die tijd zullen plaatsvinden.
2. Wat zijn de kenmerken van de binnenvaart aan het begin van de 21^{ste} eeuw als deel van een efficiënt vervoersstelsel over land, dat uit vier verschillende vervoermiddelen bestaat (namelijk het wegvervoer, het spoor en de waterweg (opgesplitst in short-sea-verbindingen en binnenvaart)? Algemeen kan worden gesteld dat de vervoersactiviteiten geleidelijk aan steeds meer in de industriële en distributieactiviteiten geïntegreerd zullen worden. Wat de industrie betreft, gaat het enerzijds om de aanvoer van voor de productie gebruikte grondstoffen en anderzijds om de distributie van half- en eindproducten. Aan de kant van de distributie kan men in het algemeen diverse fasen onderscheiden, waarvan enkele ook de binnenvaart betreffen. Bovendien vindt de binnenvaart plaats binnen een context die
 - bepaald wordt door de waterwegen die de zeehavens met de industriële ballingsgebieden en distributiecentra in het achterland met elkaar verbinden en
 - qua organisatie, planning, verpakking en handling gekenmerkt wordt door een hoge mate aan precisie.

Het gevolg hiervan is dat een zo groot mogelijke betrouwbaarheid het belangrijkste vereiste is.

Rol van de binnenvaart voor de economie, de toevoer voor de industrie, alsmede de distributie:

a) Belang van de binnenvaart voor de toevoer

3. Het logistieke belang van de binnenvaart voor de industrie ligt vooral in het vervoer van diverse droge en vloeibare bulkgoederen :
 - ertsen en kolen voor de staalnijverheid
 - kolen voor elektriciteit- en thermische centrales in de energiesector
 - agrarische grondstoffen voor de voedingsmiddelenindustrie (bijv. oliemolens) en de productie van hernieuwbare energiedragers (bijv. ethanol)
 - petrochemische grondstoffen (bijv. nafta) voor de chemische industrie
 - het vervoer van middeldestillaten om capaciteitstekorten – of overschotten tussen de afzonderlijke aardolieraffinaderijen te overbruggen.
4. Wat het vervoer van bulkgoederen betreft, heeft de binnenvaart gedeeltelijk een zeer hoog marktaandeel. Dit geldt met name voor de staalnijverheid en de energiesector. In de Duitse staalindustrie ligt het marktaandeel van de binnenvaart voor de toevoer van ertsen bij circa 60 %, terwijl de toevoer van steenkolen en staalschroot respectievelijk 40 % en ongeveer 20 % bedragen.¹

¹ Bron: Wirtschaftsvereinigung Stahl

5. Ten aanzien van de modal-split moet daarbij rekening worden gehouden met regionale verschillen: de Duitse staalindustrie is grotendeels niet langs de Rijn gelegen, maar in Noord-Duitsland, en de af- en aanvoer van en voor deze staalfabrieken geschiedt meestal per spoor. Alles bij elkaar genomen kan daarentegen worden gesteld dat grote delen van de Duitse, Belgische en Franse staalindustrie hun erts gedeeltelijk per zeeschip en gedeeltelijk per binnenschip (hoofdzakelijk via de zeehavens Rotterdam, Antwerpen en Gent) aangevoerd krijgen.¹ Bij het vervoer van bulkgoederen komen de volgende factoren de binnenvaart als vervoermiddel ten goede:

- *Kostenvoordelen:*
De in vergelijking met het spoor en wegvervoer grote vervoerscapaciteiten van binnenschepen leveren kostenvoordelen op (schaaleffecten) en dus een concurrentievoordeel in vergelijking met de twee andere vervoermiddelen over land.
- *Grote vervoersafstanden bij de toevoer van grondstoffen aan de industrie:*
Een zeeschip doet er twee à drie weken over om erts van Brazilië naar Rotterdam te brengen. Het vervoer over binnenwateren van Rotterdam naar de staalfabrieken in het Ruhrgebied, vergt echter slechts één dag. Het deel dat de binnenvaart in het hele proces van de grondstoffentoevoer voor haar rekening neemt, is dus zeer klein en het nadeel van de beperkte snelheid van binnenvaartschepen legt nauwelijks gewicht in de schaal.

Vergelijkbare voorbeelden kunnen aangevoerd worden voor de levering en wereldwijde handel van landbouwgrondstoffen voor de voedingsmiddelenindustrie. Soja wordt bijvoorbeeld vanuit de USA met zeeschepen naar Rotterdam vervoerd en vandaar verder via de Rijn, het Rhein-Main-Donau-kanaal en de Donau naar Hongarije, waar het tot veevoeder wordt verwerkt.

6. Aangezien de ondernemingen door de bank genomen ernaar streven de kosten van voorraden zo laag mogelijk te houden, worden zeehavens meer en meer als voorgeschakelde opslagplaatsen voor belangrijke grondstoffen en industriële halfproducten (bijv. voor de staalindustrie) gebruikt. De bevoorrading van de industrie geschiedt vanuit deze zeehavens via de binnenvaart in relatief kleine hoeveelheden die precies zijn afgestemd op de productie in de desbetreffende fabrieken. Zeehavens fungeren op deze manier in combinatie met de binnenvaart voor het vervoer als buffer ("*forward integration*", de verzorging met grondstoffen als onderdeel van het productieproces).

7. Samenvattend kan gesteld worden dat:

- *de lage transportkosten van het binnenschip in het licht van*
- *de grote afstanden waarover grondstoffen wereldwijd vervoerd worden*

de concurrentiekracht van het binnenschip bij het vervoer van bulkgoederen ten goede komt, en dat

- *binnenschepen in het kader van een voorraadbeleid van de industrie dat op kostenbesparingen gericht is, qua tijd en kosten optimaal ingezet kunnen om grondstoffen vanuit de als opslagbuffer fungerende zeehavens naar de industrie te vervoeren.*

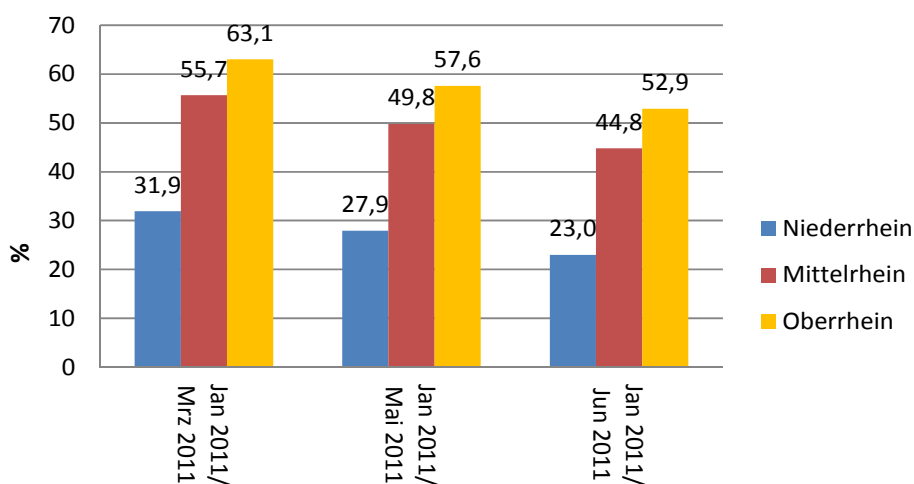
b) Belang van de binnenvaart voor de distributie van goederen en waren

8. Uit de vervoersstatistieken blijkt dat er in de binnenvaart duidelijk meer importen worden vervoerd dan exporten. Dit blijkt uit een vergelijking van de hoeveelheden die bergopwaarts over de Rijn worden vervoerd met zulke die stroomafwaarts reizen. De reden hiervoor is de bovengenoemde bijzondere concurrentiepositie van de binnenvaart bij het vervoer van bulkgoederen, in verbinding met het feit dat het bij deze bulkgoederen zeer vaak gaat om grondstoffen uit overzeese gebieden die naar Europa moeten worden geïmporteerd. Dat neemt niet weg dat er ook economische branches zijn die voor de distributie grotendeels op de binnenvaart leunen. Afgezien van de staalnijverheid, geldt dit vooral voor de aardolie-industrie, de chemie en de landbouwsector.

¹ Gent is weliswaar een vrij kleine haven, maar deze is grotendeels op het staalsegment gespecialiseerd.

9. Voor de aardolie-industrie kan bijvoorbeeld worden vastgesteld dat de waterweg voor de distributie van raffinaderijproducten bij vier van de in totaal zeven raffinaderijen die in het Ruhrgebied gelegen zijn, een modal-splitaandeel van 50 % of meer bereikt (zie Markobservatie, 2011-1).
10. Bij de distributie van consumentengoederen en andere hoogwaardige goederen zoals machines en installaties is de binnenvaart geïntegreerd in de containerlogistiek. De containerlogistiek wordt in de regel door vaste vaartijden (containerlijndiensten) gekenmerkt. Daarom stelt dit segment hoge eisen aan de betrouwbaarheid en de nakoming van deadlines.
11. Het vervoer van containers over water groeit wezenlijk sterker dan het totale vervoer door de binnenvaart. Het containervervoer over de Seine tussen Le Havre en Parijs is bijvoorbeeld tussen 2000 en 2009 vervijfvoudigd (stijging van 22.700 TEU naar 128.900 TEU), terwijl het totale binnenvaartvervoer in het Ile-de-France in de genoemde periode stagneerde.¹ Ook in Duitsland is het containervervoer wezenlijk sterker gestegen dan het totale binnenvaartvervoer.
12. Om de grotere rol van de binnenvaart voor het containervervoer te kunnen inschatten, biedt de averij van het tankschip “de Waldhof” in januari 2011, waardoor de Rijn gestremd raakte, een zeer geschikt “voorbeeld”. De wekenlange stremming van de Rijn die na het ongeval op 13.01.2011 volgde, leidde in januari en februari voor de gehele Rijn tot aanzienlijke verliezen in het containervervoer. De consequenties waren het grootst in januari.
13. De gevolgen zijn echter voor de verschillende gedeelten van de Rijn verschillend. Op de Bovenrijn, oftewel ten zuiden van de plaats van het ongeval, werd in januari een daling van 50 tot 60 % in vergelijking met het “normale” containervervoer geregistreerd.² Voor de Middenrijn waren de gevolgen al iets minder, hier bedroeg de daling tussen de 45 en 50 %.
14. Aan de Benedenrijn waren de gevolgen in vergelijking met de twee andere Rijnsegmenten het geringst: het vervoer van containers liep hier alleen terug doordat er vanuit het zuiden (van de Boven- en Middenrijn in de richting van de Benedenrijn) minder werd vervoerd, terwijl de in- en uitvoer van en naar de zeehavens ongehinderd kon worden voortgezet.

Afbeelding: Afname van het containervervoer op de Rijn als gevolg van het ongeval met het tankschip de „Waldhof“ *



Bron: berekeningen van de CCR. * De cijfers tonen de procentuele daling van het containervervoer (TEU), gemeten ten opzichte januari 2011 met mei, respectievelijk juni 2011.

¹ Bron: Institut d'Aménagement et d'Urbanisme

² Onder „normaal“ niveau wordt hier de gemiddelde waarde van het containervervoer in 2010 verstaan. De waarden in mei en juni 2011 kwamen ongeveer met deze gemiddelde waarden overeen.

Analyse

15. In de vervoerssector wordt de betrouwbaarheid gemeten aan de hand van de vraag of de levering in goede toestand op een bepaalde plaats en tijd geschiedt, waarbij het uiteindelijk gebruikte transportmiddel van ondergeschikt belang is. Dit moet men voor ogen houden als het erom gaat de binnenvaart uitgaande van diverse scenario's voor de waterstanden, aan te passen aan de vereisten van de logistiek.
16. De gevolgen van steeds onberekenbaardere waterstanden kunnen als volgt worden samengevat :
 - a) hoge waterstanden die tot de onderbreking van de scheepvaart leiden;
 - b) periodes met lage waterstanden die geleidelijk een afname van de effectief op de markt beschikbare transportcapaciteit veroorzaken;
 - c) dusdanig lage waterstanden dat een deel van de vloot niet meer kan varen en tijdelijk komt stil te liggen.
17. Dat de waterstanden de beschikbare marktcapaciteit beïnvloeden, is een specifiek kenmerk van de binnenvaart. De actieve vloot is zo samengesteld dat er een bepaalde speelruimte is om schommelingen in de waterstanden die zich over een jaar gezien voordoen, op te vangen en de continuïteit van de scheepvaart onder normale voorwaarden te waarborgen.
18. Gedurende de laatste decennia hebben er zich in toenemende mate relatief extreme situaties voorgedaan die:
 - door hoge waterstanden tot onderbrekingen van de scheepvaart hebben geleid, of
 - door lang aanhoudende lage waterstanden een significante vermindering van de op de markt beschikbare laadruimte leidden.
19. Deze situaties maken het mogelijk aanpassingsmaatregelen te identificeren die getroffen moeten worden om ervoor te zorgen dat bij de uitvoering van het transport de vereiste betrouwbaarheid bereikt wordt. De onderbreking van de scheepvaart door het ongeval bij de Lorelei (2011) biedt een goed aanknopingspunt hiervoor. In al dit soort situaties moet de oplossing gezocht worden in de benutting van de beschikbare elasticiteit die als volgt kan worden samengevat:
 - a) **Elasticiteit van het totale aanbod:**

De onzekerheden die met de waterstanden gepaard gaan, hebben tot gevolg dat het moeilijk is precies te voorspellen welke vlootcapaciteit op de markt beschikbaar zal zijn. Dit verschijnsel heeft zowel op microniveau voor de binnenvaartexploitant als op macroniveau gevolgen voor de totale vloot. Op microniveau beschikken de exploitanten over diverse mogelijkheden om de laadcapaciteit aan de vraag aan te passen:

 - aanpassing van de exploitatievorm;
 - bevrachting van aanvullende laadcapaciteiten.

Het resultaat is een vrij grote intrinsieke elasticiteit.

Het effect van minder laadcapaciteiten werkt door in het prijsniveau, aangezien de vrachtprijzen nauw verband houden met de waterstanden. Net als bij het samenspel tussen de vraag op de markt en de waterstanden, zouden ook de stijgingen van de vrachtprijzen met een tijdelijk lagere op de markt ingezette transportcapaciteit verband kunnen houden, of zelfs de consequenties van deze bedrijfsmatige krapte kunnen overschrijden. De herfst staat overigens bekend om dit verschijnsel gezien de traditioneel lage waterstanden tijdens deze periode, die de betrokken binnenvaartexploitanten in voorkomend geval in staat stellen hun bedrijfsresultaten op jaarbasis in evenwicht te brengen.

b) Elasticiteit van de vraag:

Op de binnenvaartmarkt kan een onderscheid worden gemaakt tussen goederen waarvoor een zekere elasticiteit voorhanden is, en zulke waar dit volkomen ontbreekt:

- Het transport van grondstoffen, met een vrij lage waarde ten opzichte van de transportprijs, is gevoelig voor fluctuaties van de vrachtprijzen. De transportvraag voor zand en grind zou dan ook aanzienlijk kunnen afnemen als de vrachtprijzen te hoog komen te liggen, aangezien de transportkosten zwaar in de productiekosten meewegen.

Bij andere goederen, bijvoorbeeld voedingsstoffen, zou dit fenomeen ertoe kunnen leiden dat de goederen in de zeehavens blijven liggen en pas naar het achterland worden vervoerd, als de waterstanden zich genormaliseerd hebben.

- Segmenten waarin de vraag niet zeer gevoelig op veranderingen in de vrachtprijzen reageert, zijn:
 - transporten die traditioneel via jaarcontracten worden uitgevoerd; aanpassingen als gevolg van lage waterstanden worden hier vertaald in een uitbreiding van de laadruimte door het tijdelijk inzetten van extra schepen; belangrijke transportstromen (ertsen, kolen, chemische producten) worden op deze basis uitgevoerd; in de contractueel overeengekomen vrachtprijzen wordt rekening gehouden met eventuele schommelingen van de waterstanden.
 - transporten die altijd in concurrentie met andere transportwijzen staan. Dit geldt vooral voor het containervervoer; de overeengekomen prijzen richten zich hier - a priori - naar de trends op de hele transportmarkt, hoewel marginale aanpassingen mogelijk blijven.
 - Het vervoer van aardolieproducten (met name benzine en diesel) vormt een atypisch segment. De actuele transportvraag is voornamelijk afhankelijk van de fluctuaties van de kostprijs van de grondstoffen op de wereldmarkt (termijnmarkt) en, gezien de zwakke verhouding tussen deze prijs en de transportkosten, heeft de dagelijkse ontwikkeling van de vrachtprijs praktisch geen invloed op de vraag. Er moet op worden gewezen dat het vervoer van deze producten per tankschip plaatsvindt op een markt waarop de verschillende vervoermiddelen nauwelijks met elkaar concurreren.

c) Elasticiteit bij de modal-split:

In gevallen waarin exogene factoren (waterstanden, averij, enz.) dusdanige gevolgen voor de scheepvaart hebben dat sommige of alle transporten naar bepaalde bestemmingen niet meer kunnen worden uitgevoerd, kan alleen aan de vraag worden voldaan door een beroep te doen op andere transportwijzen. Aan beide kanten van de logistieke keten heeft dit er al toe geleid dat men strategieën heeft ontwikkeld om de continuïteit van de transportactiviteiten te waarborgen en wel los van de diverse vervoermiddelen.

- aan de kant van de verladers: met name de zware en chemische industrie volgen al jarenlang een strategisch beleid om hun vervoer over verschillende dragers te verdelen. Vooral de verdeling tussen het spoor en de waterweg stoelt enerzijds op een optimalisering in het licht van de strategische doelstelling van een relatieve onafhankelijkheid ten opzichte van deze transportwijzen, en anderzijds op een realisatie van de beste geboden primaire voorwaarden (volume, prijs, prestatie). Als één van de vervoermiddelen tijdelijk wegvalt, kan de marktspeler gemakkelijker op zijn minst een gedeelte van de te vervoeren hoeveelheden naar een andere vervoerswijze verschuiven. Deze trend kon eerder al worden waargenomen voor bestemmingen die een zekere kwetsbaarheid ten opzichte van de waterweg kennen (zoals de Moezelstreek), maar ook in andere regio's (zoals het Ruhrgebied) schijnen industriële ondernemingen onder invloed van recente ervaringen voor een dergelijke strategische benadering te kiezen.

- aan de kant van de binnenvaartondernemingen: aangezien voor het containervervoer uit de aard der zaak zeer strikte levervoorwaarden gelden, maken de desbetreffende operators al sinds lang gebruik van andere vervoermiddelen om aan hun contractuele verplichtingen te voldoen als de waterweg uitvalt. In de praktijk wordt een beroep op het wegvervoer gedaan vanwege de grote flexibiliteit van deze vervoerstak, aangezien het spoor (bedrijfstechnisch) vaak noch over extra capaciteit, noch over voldoende flexibiliteit beschikt om onmiddellijk aan een dergelijke vraag te kunnen voldoen. Sinds kort tekent zich hier een vergelijkbare trend af als bij de zware industrie, zodat de binnenvaartoperator ook de optie van een transport per spoor of over de weg in zijn aanbod integreert. De kwetsbaarheid van de logistieke keten als gevolg van het feit dat er gebruik wordt gemaakt van de waterweg kan in dat geval dus (gedeeltelijk) gecompenseerd worden door een beroep te doen op de transportcapaciteiten van andere transportwijzen, en wel omdat de binnenvaaroperators deze mogelijkheid zelf reeds voorzien hebben.

Evaluatie

20. Uit het bovenstaande kan worden opgemaakt hoe de binnenvaartexploitanten hun activiteiten en aanbod op de markt kunnen optimaliseren om beter rekening te houden met de te verwachten grotere afhankelijkheid en grotere onzekerheid van de waterstanden. Dit zal leiden tot een sterkere verstrengeling van de verschillende schakels binnen de logistieke keten, met als gevolg dat de bevrachting in de binnenvaart sterker zal afhangen van de regelingen die met andere vervoersmiddelen getroffen zijn en zij dus meer en meer complementair zal worden ingezet. Deze ontwikkeling is van strategisch belang en moet daarom op adequate wijze worden begeleid.
21. Naast de logistieke aanpassingen, moeten de vloot en de door de exploitanten ingezette schepen worden geëvalueerd in het licht van de waterstanden die in de toekomst te verwachten zijn. Gelet op de relatief lange levensduur van de schepen - ofschoon verwacht kan worden dat deze zich op grond van nieuwe eisen (logistiek, veiligheid, milieu en ecologie) geleidelijk tot enkele decennia zal afnemen - zou nu reeds overlegd moeten worden hoe schepen ontworpen kunnen worden om met de toekomstige waterstanden rekening te kunnen houden. Gericht onderzoek zou tot een herziening van de scheepsromp en zijn bouw met inachtneming van de te gebruiken materialen moeten bijdragen.