

**Notitie watervraag sectoren
drinkwater, industrie en energie**

Titel

Notitie watervraag sectoren drinkwater, industrie en energie

Pagina's

12

Trefwoorden

Type hier de trefwoorden

Samenvatting

Type hier de samenvatting

Referenties

Type hier de referenties

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	mei 2013	M. de Bel					

Status

concept

Dit document is een concept en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Deltascenario's	1
1.2 Macro economische groei	3
1.3 Bevolking	3
2 Drinkwater	3
3 Industrie	4
4 Energie	5
5 Scheepvaart	7
6 Internationale ontwikkelingen	10

1 Inleiding

In deze notitie worden mogelijke toekomstige wateronttrekkingen in beeld gebracht voor de sectoren drinkwater (en proceswater), industrie en energieopwekking vanuit de ontwikkelingen welke geschetst worden binnen de vier deltasenario's, teneinde te komen tot consistente en onderscheidende ontwikkelingsscenario's voor de sectoren. Er wordt per sector een kwantitatieve, verhoudingsgewijze inschatting gemaakt van de wateronttrekking in de jaren 2050 en 2100, ten opzichte van de huidige situatie. Voor de vier deltasenario's STOOM, WARM, DRUK en RUST. Bij deze inschattingen wordt uitgegaan van de verhaallijnen¹ voor de Deltascenario's en de economische ontwikkelingen en bevolkingsaantallen zoals geschetst in de CPB notitie "Invulling macro beeld Delta scenario's" van 12 oktober 2012. Naast deze algemene uitgangspunten is gebruik gemaakt van bestaande publicaties welke zijn gepubliceerd voor de verschillende sectoren², om te komen tot een beschrijving van mogelijke ontwikkelingen binnen de sectoren die van invloed zijn op de zoetwatervraag vanuit deze sectoren. Dit geeft een mogelijke bandbreedte van zoetwatergebruik van deze sectoren binnen de vier deltasenario's.

Op dit moment wordt het meeste zoetwater in Nederland gebruikt voor doorspoeling, zoutterugdringing en de landbouw. Verder stelt de scheepvaart eisen aan bevaarbaarheid en toegankelijkheid, waarvoor ook een zeker volume en/of debiet in rivieren en kanalen nodig is (niet perse zoet). Het watergebruik van de sectoren drinkwater, industrie en energie bedraagt minder dan 5 % van het totaal³. Veranderingen van het watergebruik van de sectoren welke beschreven zijn in deze notitie, zullen relatief weinig bijdragen aan het totale zoetwatergebruik in Nederland.

In de volgende pagina's wordt eerst een korte beschrijving gegeven van de uitgangspunten. Daarna wordt er in de daaropvolgende paragrafen voor de sectoren drinkwater, industrie, energie en scheepvaart beschreven wat de belangrijkste ontwikkelingen zijn die van invloed zijn op het toekomstige gebruik van zoetwater van deze sectoren. Per sector zal aan de hand van deze factoren een kwantitatieve inschatting worden gemaakt van de toekomstige ontwikkeling van de zoetwatervraag voor de jaren 2050 en 2100. Alhoewel de gebruikte cijfers zoveel mogelijk gebaseerd zijn op inschattingen vanuit de verschillende sectoren, zijn er daar waar deze inschattingen niet beschikbaar waren, of niet voor de gehele periode tot 2100, aan de hand van de beschikbare verhaallijnen consistente ontwikkelingen geschetst voor de verschillende effecten voor gebruikt in deze notitie. Deze geschetste ontwikkelingslijnen zijn geen voorspellingen noch beleidsdoelen, maar zijn uitsluitend bedoeld om een bandbreedte te schetsen voor de ontwikkeling van de watervraag vanuit de genoemde sectoren.

1.1 Deltascenario's

Om een inschatting te maken van toekomstige veranderingen, mogelijke knelpunten te identificeren en mogelijke maatregelen op het gebied van waterveiligheid en zoetwatervoorziening te verkennen, zijn vier verschillende scenario's ontworpen. Voor deze scenario's is uitgegaan van twee drijvende krachten; economische groei,

¹ PBL, Deltares, LEI, KNMI, CPB, Verhaallijnen van de deltasenario's 2012, november 2012

² Knelpuntenanalyse drinkwater en industriewater (fase 2), KWR, december 2011

Vier scenario's voor de drinkwatervraag in 2040, KWR, februari 2010

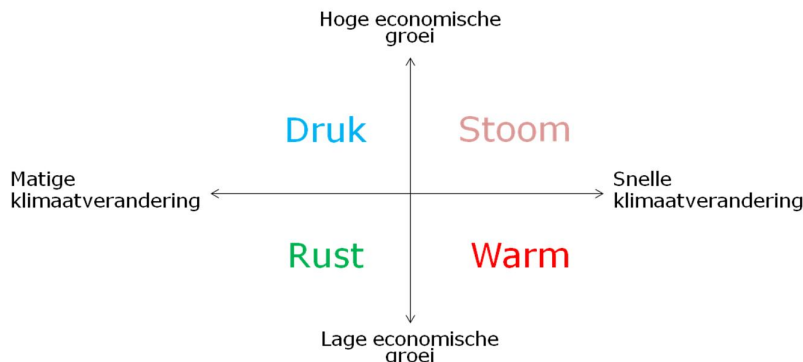
Gegevensinput KEMA ten behoeve van de landelijke probleemanalyse warmtecapaciteit zoetwater, Bruijs, KEMA
Waterverbruik thuis 2010, VEWIN, 2011

Dorsser, C., Scheepvaartscenario's voor Deltaprogramma, 100 jaar later...., 2012

³ Klijn, F. et al., Zoetwatervoorziening in Nederland, aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse 21e eeuw, 2012

bevolkingsontwikkeling en klimaatverandering. Door het maken van combinaties van deze variabelen zijn vier scenario's ontworpen, zoals geïllustreerd in onderstaand figuur 1.

Figuur 1: Deltascenario's bepaald door variaties in economische groei en klimaatverandering



Tabel 1: Algemene karakteristieken van de deltasenario's DRUK, STOOM, RUST en WARM

DRUK	STOOM
<ul style="list-style-type: none"> • Hoge mondiale economische groei • Snelle mondiale energietransitie • Kleine mondiale klimaatverandering • Hogere nationale economische groei • Minder kleine klimaatverandering in NL • Sterke, compacte verstedelijking in hoge dichtheden • Meer intensivering en verbreding van landbouw • Meer grootschalige natuurgebieden • Meer (innovaties in) binnenscheepvaart • Meer elektriciteitscentrales; later transitie naar hernieuwbare energie • Eerst toename van vraag naar drink- en proceswater, later daling door innovaties • Grotere opgaven voor waterveiligheid • Grotere opgaven voor zoetwatervoorziening • Rivierafvoeren variëren niet veel meer 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoge mondiale economische groei • Late en beperkte mondiale energietransitie • Grote mondiale klimaatverandering • Hogere nationale economische groei • Grotere klimaatverandering in NL • Sterke, verspreide verstedelijking in lage dichtheden • Meer intensivering en schaalvergroting van landbouw • Bebouwing in bestaande natuurgebieden • Meer en grootschaliger binnenscheepvaart • Veel meer elektriciteitscentrales; later meer hernieuwbare energie • Sterke stijging van vraag naar drink- en proceswater • Veel grotere opgaven voor waterveiligheid • Veel grotere opgaven voor zoetwatervoorziening • Rivierafvoeren variëren veel meer
RUST	WARM
<ul style="list-style-type: none"> • Lage mondiale economische groei • Snelle mondiale energietransitie • Kleine mondiale klimaatverandering • Lagere nationale economische groei • Minder kleine klimaatverandering in NL • Beperkte, compacte verstedelijking; later krimp • Meer regionale en verbrede landbouw en meer schaalvergroting • Meer natuur voor ecosysteemdiensten • Meer (innovaties in) binnenscheepvaart • Enkele nieuwe elektriciteitscentrales; later transitie naar hernieuwbare energie • Minder vraag naar drink- en proceswater • Kleinere opgaven voor waterveiligheid • Kleinere opgaven voor zoetwatervoorziening • Rivierafvoeren variëren niet veel sterker 	<ul style="list-style-type: none"> • Lage mondiale economische groei • Geen mondiale energietransitie • Grote mondiale klimaatverandering • Lagere nationale economische groei • Grotere klimaatverandering in NL • Beperkte, verspreide verstedelijking; later krimp • Meer regionale en extensieve landbouw • Meer natuurgebieden rond steden • Veel minder binnenscheepvaart • Enkele nieuwe elektriciteitscentrales; veel later meer hernieuwbare energie • Stijgende vraag naar drinkwater, later stabilisatie • Iets grotere opgaven voor waterveiligheid • Grotere opgaven voor zoetwatervoorziening • Rivierafvoeren variëren veel meer

Deze notitie is opgesteld om een bandbreedte te schetsen van toekomstige veranderingen in de vraag naar zoetwater vanuit de sectoren drinkwater, industrie, energie en scheepvaart. Dit is gedaan door vanuit de algemene karakteristieken van de deltasenario's, zoals gegeven in Tabel 1, voor de verschillende sectoren voor elk van deze scenario's een verhaallijn te maken die een korte uiteenzetting geeft van de belangrijkste aspecten die belangrijk zullen zijn voor de inschatting van de veranderingen binnen deze sectoren. Er wordt binnen de sectoren

geen verder onderscheid gemaakt tussen onttrekking vanuit grond- of oppervlaktewater. Er wordt geen uitspraak gedaan over eventuele veranderingen in de verdeling van onttrekkingen vanuit grond- en oppervlaktewater. Ook wordt er geen uitspraak gedaan over veranderingen in de teruglevercoëfficiënt van de verschillende sectoren. Tevens is er vanuit gegaan dat door efficiëntieverhoging en verplaatsing van energiecentrales naar zee de warmtelast evenredig verandert met de veranderingen in koelwaterbehoefte.

1.2 Macro economische groei

In het macro economische beeld dat wordt geschetst door het CPB wordt uitgegaan van het economische groei scenario Regional Communities (reële groeipercentages van het BBP van 1,0 % per jaar over de periode 2012 – 2050 en van 0,7 % per jaar over de periode 2050 – 2100) of het scenario Global Economy (reële groeipercentages van het BBP van 2,6 % per jaar over de periode 2012 – 2050 en van 2,5 % per jaar over de periode 2050 – 2100). De Tabel 2 vat de uitgangspunten zoals beschreven in de CPB notitie voor Nederland samen.

Tabel 2: Ontwikkeling arbeidsproductiviteit en BBP (reëel) in Nederland per scenario in %/jaar

	RUST en WARM		DRUK en STOOM	
	2012 - 2050	2051 - 2100	2012 - 2050	2051 - 2100
Bevolking	-0.2	-0.5	0.5	0.4
Werkgelegenheid	-0.2	-0.5	0.5	0.4
Arbeidsproductiviteit	1.2	1.2	2.1	2.1
BBP	1.0	0.7	2.6	2.5
BBP per hoofd	1.2	1.2	2.1	2.1

1.3 Bevolking

De bevolkingsgroei tot 2100 in de scenario's DRUK en STOOM resulteert in een bevolking in Nederland van 20 miljoen in 2050 tot ongeveer 25 miljoen in 2100. In RUST en WARM neemt de bevolking af tot 15 miljoen in 2050 met een verdere daling tot 12 miljoen in 2100⁴.

2 Drinkwater

Voor de berekeningen van het gebruik van drinkwater in 2050 en 2100 is uitgegaan van het per capita gebruik. Dit neemt de laatste jaren langzaam af door efficiëntie van watergebruik door huishoudelijke apparaten (wasmachines, vaatwassers, toiletten, etc.), tegelijkertijd er is een toename van het watergebruik voor persoonlijke hygiëne, met name douchen. De verwachting is dat de efficiëntie van watergebruik door huishoudelijke apparaten, en met name toiletten, in de scenario's DRUK en RUST nog verder zal toenemen. Echter, door stijgende temperaturen en langere droge periodes tijdens de zomer zal er voor persoonlijke hygiëne, water voor tuinieren en 'waterrecreatie' rondom huis een toenemende vraag naar water zijn. Verder is er door het statistisch hoger watergebruik van niet-westerse allochtonen in Nederland⁵, welk aantal vooral in de scenario's DRUK en STOOM sterk zal toenemen, een hogere watervraag bij deze scenario's waarbij het watergebruik zal toenemen tot 140 l/p/d in STOOM in 2040 (KWR, 2010) waarna een verdere groei van het watergebruik tot 2100 aannemelijk is. In het scenario RUST zal het totale watergebruik afnemen, zowel door daling van de bevolking als door een afname van gebruik per persoon (tot 110 l/p/d in 2040, KWR, 2010). Voor de verschillende scenario's is in onderstaande tabel de vraag voor drinkwater in 2050 en 2100 gekwantificeerd. Alhoewel de voorspelling is dat de efficiëntie in de sector licht verslechtert in de scenario's RUST en WARM (KWR, 2010) heeft dit geen significant effect op

⁴ CPB, Invulling macro beeld Delta scenario's, 12 oktober 2012

⁵ Allochtone inwoners douchen tot 50 % meer dan autochtone inwoners, Foekema, H. Thiel, L. van, Watergebruik thuis 2010, Vewin, 2011

de berekende watervraag. Drinkwatergebruik in Nederland is relatief laag (120 – 125 liter/persoon/dag) wanneer dit wordt vergeleken⁶ met omliggende landen zoals Engeland (160 l/p/d), Sweden (200 l/p/d) of Australië (250 – 350 l/p/d) en de Verenigde Staten (>350 l/p/d). Er lijkt in Nederland dus minder ruimte om het watergebruik nog veel verder terug te dringen door gebruik van waterbesparende maatregelen.

Naast het watergebruik door huishoudens valt het drinkwatergebruik voor klein zakelijk gebruik ook onder deze paragraaf. Het drinkwatergebruik voor klein zakelijk gebruik volgt ongeveer dezelfde trend als voor huishoudelijk gebruik. Het klein zakelijk gebruik bedraagt ongeveer 15 % van het huishoudelijk gebruik. Groot zakelijk gebruik van drinkwater wordt besproken bij de sector industrie.

Tabel 3; Scenario's voor sector drinkwater

DRUK	STOOM
<p>In dit scenario is er veel accent op duurzaamheid en innovatie. Hierdoor is een snelle trend van efficiëntieverhoging voor watergebruikende apparaten. Daarnaast is er een lichte trend van toenemend watergebruik voor persoonlijke hygiëne (mede door een groter percentage niet-westerse allochtonen in Nederland), welvaartsgroei en tijdens droogteperiodes in de zomer. Door de bevolkingsgroei en welvaartsgroei zal er een toename zijn van het gebruik van drinkwater. Dit alles resulteert in een netto daling van het per capitagebruik van 120 nu naar 110 l/c/d in 2050 en 100 l/c/d in 2100.</p> <p>Bevolkingsgroei: 0,5 %/j tot 2050, daarna 0,4 %/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 1,2 in 2050 en 1,5 in 2100. Gebruik van drinkwater voor huishoudelijk gebruik, afname van 0,2 %/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,9 in 2050 en 0,8 in 2100.</p> <p>netto effect op drinkwaterproductie tov 2015: 2050: factor 1,1 (10% toename) 2100: factor 1,2 (20% toename)</p>	<p>Omdat er in dit scenario geen accent ligt op duurzaamheid en innovatie komt er een eind aan de trend van efficiëntieverhoging voor watergebruikende apparaten. Wel is er dezelfde trend van toenemend watergebruik voor persoonlijke hygiëne, naast een toename van watergebruik gedurende droogteperiodes in de zomer en door een groter percentage niet-westerse allochtonen in Nederland. Dit resulteert in een verandering van het per capitagebruik van 120 nu naar 140l/c/d in 2050 en 170 l/c/d in 2100.</p> <p>Bevolkingsgroei: 0,5 %/j tot 2050, daarna 0,4 %/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 1,2 in 2050 en 1,5 in 2100. Gebruik van drinkwater voor huishoudelijk gebruik, groei van 0,3 %/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 1,2 in 2050 en 1,4 in 2100.</p> <p>netto effect op drinkwaterproductie tov 2015: 2050: factor 1,4 (40 % toename) 2100: factor 2,1 (110% toename)</p>
RUST	WARM
<p>Er is een lichte trend in efficiëntieverhoging voor watergebruikende apparaten en slechts een zeer lichte trend van toenemend watergebruik voor persoonlijke hygiëne, en watergebruik tijdens droge periodes in de zomer. De genoemde trends resulteren in een verandering van het per capitagebruik van 120 nu naar een lichte afname in het huishoudelijk gebruik van 110 l/c/d in 2050 tot 105 l/c/d in 2100.</p> <p>Bevolkingskrimp: 0,4 %/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,9 in 2050 en 0,7 in 2100. Gebruik van drinkwater voor huishoudelijk gebruik, afname van 0,2 %/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,9 in 2050 en 0,8 in 2100.</p> <p>netto effect op drinkwaterproductie tov 2015: 2050: factor 0,8 (20% afname) 2100: factor 0,6 (40% afname)</p>	<p>Ondanks dat er een lichte trend is in efficiëntieverhoging voor watergebruikende apparaten, is de trend van toenemend watergebruik voor persoonlijke hygiëne en een toename van watergebruik gedurende droogteperiodes in de zomer voor tuinieren en 'waterrecreatie'. De genoemde trends resulteren in een lichte toename van het gebruik per capita van 120 nu naar 130l/c/d in 2050 en 140 l/c/d in 2100.</p> <p>Bevolkingskrimp: 0,4 %/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,9 in 2050 en 0,7 in 2100. Gebruik van drinkwater voor huishoudelijk gebruik, groei van 0,2 %/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 1,1 in 2050 en 1,2 in 2100.</p> <p>netto effect op drinkwaterproductie tov 2015: 2050: 1,0 (gelijk) 2100: 0,8 (20% afname)</p>

3 Industrie

Voor de watervraag van de industriële sector zijn er een aantal factoren van invloed op de vraag naar koel- en proceswater en gebruik van drinkwater voor groot zakelijk gebruik. Voor gebruik binnen de scenario's is uitgegaan van de verwachting dat de industriële productie zal

⁶ OFWAT, *International comparison of water and sewerage services, 2002*

meegroeien met de groei van het BBP. Echter, naast deze groei is de verwachting dat voor Nederland het relatieve belang van de industriële productie in alle scenario's afneemt en er toenemende efficiëntie is voor koelwatergebruik, onder meer door verdergaand gebruik van gesloten systemen⁷. Voor de scenario's STOOM en DRUK is deze afname gesteld op 1% per jaar, terwijl voor de scenario's WARM en RUST deze afname, vanwege meer focus op lokale productie, 0,5 % per jaar bedraagt. Daarnaast is de verwachting dat er binnen de sector een efficiëntieslag zal plaatsvinden waardoor er minder watergebruik zal zijn per eenheid van productie. Deze efficiëntietoename zal zowel optreden in de algemene industriële productie als in de efficiëntie van het gebruik van koelwater. De efficiëntieverbeteringen verschillen per scenario. In de scenario's DRUK en RUST is deze 1,7 % tot 2050, waarna de afname licht afvlakt tot 1,4 % per jaar. In de scenario's STOOM en WARM bedraagt de efficiëntieverbetering 0,5 % tot 2050, waarna er onder druk van de toenemende schaarste en klimaatverandering er een lichte versnelling komt in efficiëntieverbetering tot 1 % per jaar. De netto effecten op de watervraag en de karakteristieken per scenario ten opzichte van het referentiejaar 2012 staan gegeven in de onderstaande tabel 4.

Tabel 4; Scenario's voor sector industrie

DRUK	STOOM
<p>In dit scenario is er veel accent op duurzaamheid en innovatie. Hierdoor is een snelle trend van efficiëntieverhoging van watergebruik. Er een redelijke groei van het BBP, al is er een trend van afname van het belang van de industrie voor de Nederlandse economie. Economische groei: 2,6 %/j tot 2050, daarna 2,5 %/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 2,8 in 2050 en 9,6 in 2100.</p> <p>Afname aandeel industrie in economie: 1%/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,7 x in 2050 en 0,4 x in 2100</p> <p>Verhoogde efficiëntie watergebruik: 1,7 %/j tot 2050, en 1,4 % tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,5 in 2050 en 0,25 in 2100.</p> <p>netto effect op proces- en koelwater industrie tov 2015: 2050: factor 1,0 (geen verandering) 2100: factor 1,0 (geen verandering)</p>	<p>In dit scenario is er minder accent op duurzaamheid en innovatie. Hierdoor is een minder snelle trend van efficiëntieverhoging van watergebruik. Er een redelijke groei van het BBP, al is er een trend van afname van het belang van de industrie voor de Nederlandse economie. Economische groei: 2,6 %/j tot 2050, daarna 2,5 %/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 2,8 in 2050 en 9,6 in 2100.</p> <p>Afname aandeel industrie in economie: 1%/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,7 x in 2050 en 0,4 x in 2100</p> <p>Verhoogde efficiëntie watergebruik: 0,5 %/j tot 2050, en 1 % tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,8 in 2050 en 0,5 in 2100</p> <p>netto effect op proces- en koelwater industrie tov 2015: 2050: factor 1,6 (60% toename) 2100: factor 1,9 (90% toename)</p>
RUST	WARM
<p>In dit scenario is veel aandacht voor duurzaamheid en innovatie. Hierdoor is een trend van efficiëntieverhoging van watergebruik. Er is een kleine groei van het BBP, maar is er een lichte trend van afname van het belang van de industrie voor de Nederlandse economie. Economische groei: 1,0 %/j tot 2050, daarna 0,7 %/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 1,5 in 2050 en 2,1 in 2100.</p> <p>Afname aandeel industrie in economie: 0,5 %/j tot 2100, geeft 0,8 x in 2050, en 0,6 x in 2100</p> <p>Verhoogde efficiëntie watergebruik: 1,7 %/j tot 2050, en 1,4 % tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,5 in 2050 en 0,25 in 2100.</p> <p>netto effect op proces- en koelwater industrie tov 2015: 2050: factor 0,6 (40% reductie) 2100: factor 0,3 (70% reductie)</p>	<p>In dit scenario is er weinig aandacht voor duurzaamheid en innovatie. Hierdoor is een minder snelle trend van efficiëntieverhoging van watergebruik. Er is een kleine groei van het BBP, en een lichte trend van afname van het belang van de industrie voor de Nederlandse economie. Economische groei: 1,0 %/j tot 2050, daarna 0,7 %/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 1,5 in 2050 en 2,1 in 2100.</p> <p>Afname aandeel industrie in economie: 0,5 %/j tot 2100, geeft 0,8 x in 2050, en 0,6 x in 2100</p> <p>Verhoogde efficiëntie watergebruik: 0,5 %/j tot 2050, en 1 % tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,8 in 2050 en 0,5 in 2100</p> <p>netto effect op proces- en koelwater industrie tov 2015: 2050: 1,0 (geen verandering) 2100: 0,6 (40% reductie)</p>

4 Energie

De watervraag vanuit de energiesector wordt gestuurd door de economische ontwikkelingen, efficiëntie binnen de sector, en relatieve toename van de vraag naar elektriciteit door een sterkere focus op elektriciteit als energiebron en de transitie naar duurzame

⁷ Klijn, F. et al., Zoetwatervoorziening in Nederland, aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse 21e eeuw, 2012

energieopwekking. De ontwikkelingen in de energiesector zijn gebaseerd op de ECN scenario's zoals gepresenteerd in Bruijs⁸. Hierin worden de ontwikkelingen geschetst voor ontwikkelingen binnen de energiesector en de daarmee samenhangende vraag naar, en gebruik van, koelwater voor hoge (GE scenario) en lage (RC scenario) economische groei in de periode tot 2050. De bevindingen zoals beschreven door Bruijs zijn gebruikt om ook een voorspelling te doen voor de periode tot 2100. In het algemeen kan gesteld worden dat door de economische groei en de toename van de vraag naar elektriciteit als energiebron er in alle scenario's een relatieve toename van de vraag naar elektriciteit is. Echter, door de verplaatsing van centrales naar zee en optredende efficiëntie in koeltechnieken en de overschakeling op duurzame energie zal de watervraag uit de sector relatief afnemen. In de onderstaande Tabel 5 staan de verhaallijnen per scenario samengevat. In de Tabel 6 staan vervolgens de effecten op koelwatergebruik voor de energiesector per scenario gegeven.

Tabel 5; Verhaallijnen voor sector energie

DRUK	STOOM
<p>Door de snel groeiende economie stijgen de prijzen voor fossiele brandstoffen snel. Hierdoor en door afspraken met betrekking tot het bepalen van CO₂ uitstoot vindt er een snelle energietransitie plaats naar CO₂ neutrale opwekking van energie. In het begin van de eeuw is er door de stijgende energieprijzen en CO₂beprizing een toename in het gebruik van vernieuwbare bronnen (zon, wind, water, biomassa) en een stimulering van onderzoek en investeringen in energie-efficiënte processen in transport, industrie, landbouw, woningen etc. Naast de energietransitie vindt er ook een transitie naar het gebruik van vernieuwbare grondstoffen voor materialen. Hierdoor dalen de energieprijzen relatief en vormen geen beperking voor een duurzame economische ontwikkeling. West Europa, en Nederland in het bijzonder, komt daarin goed mee, en loopt op sommige terreinen zelfs voorop. Bijvoorbeeld op het gebied van energie-efficiënt transport, duurzame, intensieve en efficiënte landbouw (ten aanzien van energie, grondstoffen, water) en agro-industrie en vernieuwbare agro-grondstoffen.</p>	<p>Ondanks de hoge economische groei en de stijgende wereldbevolking blijft er binnen de energievoorziening een sterke focus op fossiele brandstoffen. Enerzijds komen er door de ontdekking van extra voorraden fossiele grondstoffen (steenkool, aardgas en schaliegas, olie uit diepzee en Noordpool, teerzanden) afdoende energievoorraden bij. Anderzijds komt er door het gebrek aan klimaatafspraken en het niet bepalen van de CO₂ uitstoot weinig stimulering naar andere, CO₂ neutrale energiebronnen. De energie-efficiëntie in alle sectoren blijft betrekkelijk laag (en daarmee CO₂-uitstoot hoog). De energietransitie blijft achterwege en er komt pas in laatste jaren van de eeuw geleidelijke een omschakeling op vernieuwbare en CO₂ neutrale bronnen. Energieprijzen stijgen slechts geleidelijk. In 2100 zijn ze in dit scenario vergelijkbaar met de kosten in DRUK, waar de technologische transitie reeds veel eerder heeft plaatsgevonden en de kosten van energie aan het eind van de eeuw relatief laag zijn. Internationaal is er weinig concurrentie om fossiele brandstoffen vanwege het uitgebreide aanbod. Wel is het Nederlands aardgas inmiddels op, maar NL verdient goed aan transport en distributie van fossiele brand- en grondstoffen.</p>
RUST	WARM
<p>Ondanks de lage economische groei vindt er een snelle prijsstijging van energie plaats door schaarste van fossiele brandstoffen. Dit maakt investering in nieuwe technologieën rendabel: zowel in vernieuwbare energiebronnen, als in energie-efficiënter processen in transport, industrie, landbouw, woningen etc. Na de wereldwijde succesvolle transitie, ook naar vernieuwbare grondstoffen voor materialen, dalen de energieprijzen relatief en vormen geen beperking voor een duurzame economische ontwikkeling. West Europa, komt daarin goed mee, en loopt op sommige terreinen zelfs voorop. Bijvoorbeeld op het gebied van energie-efficiënt transport, duurzame, intensieve en efficiënte landbouw (ten aanzien van energie, grondstoffen, water) en agro-industrie en vernieuwbare agro-grondstoffen.</p>	<p>Door voldoende aanbod van fossiele brandstoffen en lage economische groei blijven de energieprijzen in het begin van de eeuw laag. Door het gebrek aan klimaatafspraken en het niet bepalen van de CO₂ uitstoot is er geen stimulering van andere, CO₂ neutrale energiebronnen. De energie-efficiëntie in alle sectoren blijft betrekkelijk laag (en daarmee CO₂-uitstoot hoog). De energietransitie blijft achterwege. Er komt pas in laatste jaren van de eeuw een geleidelijke omschakeling op vernieuwbare bronnen (zon, wind, water). De energieprijzen stijgen geleidelijk en zijn in 2100 in dit scenario hoog, mede door de grote internationale concurrentie (ieder voor zich) en het ontbreken van een tijdige omschakeling op vernieuwbare energiebronnen. Ook ten opzichte van de beperkte economische groei gaan de energieprijzen zwaar aantellen. In Nederland is er door de emigratie van hoog opgeleide mensen geen geld en kennis om te investeren in nieuwe technologieën en presteert de economie sterk onder het Europese gemiddelde.</p>

⁸ Gegevensinput KEMA ten behoeve van de landelijke probleemanalyse warmtecapaciteit zoetwater, Bruijs, KEMA

Tabel 6; Scenario's voor sector energie

DRUK	STOOM
<p>Economische groei: 2,6 %/j tot 2050, daarna 2,5 %/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 2,8 in 2050 en 9,6 in 2100.</p> <p>Transitie naar duurzame energieopwekking zorgt voor reductie van vraag naar koelwater van 1 % per jaar tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,7 x in 2050 en 0,4 x in 2100</p> <p>Verhoging aandeel elektriciteit in consumptie (verkeer, industrie, huishoudens) is 0,5 % per jaar: Dit resulteert in een factor 1,2 x in 2050 en 1,6 x in 2100</p> <p>Verhoogde efficiëntie watergebruik: 1,7 %/j tot 2050, en 1,4 % tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,5 in 2050 en 0,25 in 2100.</p> <p>Nieuwe energiecentrales in NL zo veel mogelijk naar zee</p> <p>netto effect op koelwater energiecentrales tov 2015: 2050: factor 1,2 (20% toename) 2100: factor 1,5 (50% toename)</p>	<p>Economische groei: 2,6 %/j tot 2050, daarna 2,5 %/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 2,8 in 2050 en 9,6 in 2100.</p> <p>Transitie naar duurzame energieopwekking zorgt voor reductie van vraag naar koelwater van 0,5 % per jaar tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,8 x in 2050 en 0,6 x in 2100</p> <p>Verhoging aandeel elektriciteit in consumptie (verkeer, industrie, huishoudens) met 0,5 % per jaar pas na 2050: Dit resulteert in een factor 1,0 x in 2050 en 1,3 x in 2100</p> <p>Verhoogde efficiëntie watergebruik: 0,5 %/j tot 2050, en 1 % tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,8 in 2050 en 0,5 in 2100</p> <p>Nieuwe energiecentrales in NL zo veel mogelijk naar zee</p> <p>netto effect op koelwater energiecentrales tov 2015: 2050: 1,8 x (80% toename) 2100: 3,7x (270% toename)</p>
RUST	WARM
<p>Economische groei: 1,0 %/j tot 2050, daarna 0,7 %/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 1,5 in 2050 en 2,1 in 2100.</p> <p>Transitie naar duurzame energieopwekking zorgt voor reductie van vraag naar koelwater van 1 % per jaar tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,7 x in 2050 en 0,4 x in 2100</p> <p>Verhoging aandeel elektriciteit in consumptie (verkeer, industrie, huishoudens) met 0,5 % per jaar: Dit resulteert in een factor 1,2 x in 2050 en 1,6 x in 2100</p> <p>Verhoogde efficiëntie watergebruik: 1,7 %/j tot 2050, en 1,4 % tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,5 in 2050 en 0,25 in 2100.</p> <p>netto effect op koelwater energiecentrales tov 2015: 2050: factor 0,6 (40% reductie) 2100: factor 0,3 (70% reductie)</p>	<p>Economische groei: 1,0 %/j tot 2050, daarna 0,7 %/j tot 2100. Dit resulteert in een factor 1,5 in 2050 en 2,1 in 2100.</p> <p>Transitie naar duurzame energieopwekking zorgt voor reductie van vraag naar koelwater van 0,5 % per jaar tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,8 x in 2050 en 0,6 x in 2100</p> <p>Verhoging aandeel elektriciteit in consumptie (verkeer, industrie, huishoudens) met 0,5 % per jaar pas na 2050: Dit resulteert in een factor 1,0 x in 2050 en 1,3 x in 2100</p> <p>Verhoogde efficiëntie watergebruik: 0,5 %/j tot 2050, en 1 % tot 2100. Dit resulteert in een factor 0,8 in 2050 en 0,5 in 2100</p> <p>netto effect op koelwater energiecentrales tov 2015: 2050: 1,0 x (geen verandering) 2100: 0,8x (20% reductie)</p>

5 Scheepvaart

Voor de bepaling van de scheepvaartscenario's is uitgegaan van de scenario's zoals die zijn ontwikkeld door Dorsser (Dorsser, 2012). Voor de toepassing van deze gegevens wordt voor gebruik binnen deze notitie een aantal versimpelingen toegepast. Zo worden de gegeven transportvolumes vertaald naar factoren voor het bepalen van de totale transportvolumes in 2050 en 2100 voor zeevaart en binnenvaart. Voor details wordt verwezen naar de oorspronkelijke publicatie van Dorsser. In Tabel 7 staan de verhaallijnen voor scheepvaart, zoals overgenomen uit de publicatie van Dorsser (2012). In

Tabel 8 staan de resulterende factoren met de effecten op zeevaart en binnenvaart voor de verschillende scenario's.

Tabel 7; Scenario's DRUK en STOOM voor sector scheepvaart

DRUK	STOOM
<p>Belangrijkste karakteristieken;</p> <p>Zeehavens</p> <ul style="list-style-type: none"> Grootschalige uitbreiding van het Europese Vaarwegennet Haven Rotterdam blijft goed toegankelijk, sluiting Nieuwe Waterweg eens per 5 jaar het jaar 2100 Nederlandse zeehavens behouden ook na 2050 marktaandeel in Le-Havre - Hamburg regio Sterke toename marktaandeel short-sea in het continentale vervoer (gaat nu vooral over de weg) <p>Binnenvaart</p> <ul style="list-style-type: none"> Vaarwegen blijven goed toegankelijk voor de binnenvaart, effect klimaatverandering zeer beperkt Afname relatief belang vervoer bulkgoederen door verduurzaming energie en vertrek zware industrie Binnenvaart heeft een zeer groot aandeel in het vervoer van intercontinentale containers Sterke ontwikkeling multimodaal vervoer van continentale lading (containers en pallets) <p>Verhaallijn</p> <p>De Rijn is nog steeds beschikbaar als hoofdtransportader voor het West-Europese goederenvervoer en de sterk gegroeide goederenvolumes maken hier dankbaar gebruik van. De alsmaar groeiende containervolumes leiden tot de ontwikkeling van een dicht netwerk van containerterminals dat rond 2020 tot het ontstaan van intermodale continentale transportstromen mogelijk maakt. In reactie hierop wordt sterk geïnvesteerd in het opwaarderen van de kleine vaarwegen, het aanleggen van 'missing links' (zoals het Twente – Mittelland kanaal) en het ontwikkelen van watergebonden bedrijfslocaties. Rond 2050 zijn veel bedrijven weer aan het water gelegen. Als gevolg hiervan dalen de kosten voor het voor- en natransport en ziet de binnenvaart kans om in de tweede helft van de 21^{ste} eeuw multimodale palletdistributienetwerken te ontwikkelen.</p> <p>Dit resulteert in een defacto groei percentages voor zeevaart van 1,4 % p/j tot 2050 en 0,4 % p/j tot 2100 en voor binnenvaart resp. 1,4 % en 0,4 % p/j</p> <p>Netto effect op de scheepvaart tov 2015:</p> <p>Zeevaart: Factor 1,7 (70 % groei) in 2050, Factor 2,1 (110 % groei) in 2100</p> <p>Binnenvaart: Factor 1,7 (70 % groei) in 2050, Factor 2,1 (110 % groei) in 2100</p>	<p>Belangrijkste karakteristieken;</p> <p>Zeehavens</p> <ul style="list-style-type: none"> Beperkte uitbreiding van het Europese Vaarwegennet Toegankelijkheid haven Rotterdam licht beperkt doordat de Nieuwe Waterweg 3 maal per jaar sluit in het jaar 2100 Nederlandse zeehavens verliezen tot 2050 beperkt en daarna veel marktaandeel in Le-Havre - Hamburg regio Beperkte toename marktaandeel short-sea in het continentale vervoer (gaat nu vooral over de weg) <p>Binnenvaart</p> <ul style="list-style-type: none"> Vanaf 2050 ondervindt de binnenvaart zeer sterke nadelige gevolgen van klimaatverandering Behoud relatief belang vervoer bulkgoederen door gebruik fossiele energie en behoud zware industrie Binnenvaart heeft aanvankelijk een sterke positie in het vervoer van intercontinentale containers, maar vanaf 2050 neemt dit aandeel door klimaateffecten sterk af Beperkte ontwikkeling multimodaal vervoer van continentale lading (alleen containers) <p>Verhaallijn</p> <p>Mede als gevolg van een hoge economische groei en de zeer beperkte transitie naar een duurzame maatschappij zijn de effecten van klimaatverandering uitermate sterk. Door de beperkte interesse in een verduurzaming van de maatschappij heeft het bevaarbaar houden van de Rijn niet veel prioriteit. Investerings worden wel gedaan om de gebieden rondom de Rijn te behoeden van overstroming maar van het verder stuwen van de Rijn ten behoeve van de scheepvaart is geen sprake. Dit leidt ertoe dat de Rijn enkele maanden per jaar slecht of onbevaarbaar wordt. Daarnaast is er weinig politieke animo voor het verbeteren van de infrastructuur op de kleine vaarwegen en het ontwikkelen van natte bedrijfsterreinen. Desondanks komt multimodaal vervoer als gevolg van de sterke groei van de totale vervoersvolumes toch in beperkte mate van de grond.</p> <p>Dit resulteert in een defacto groei percentages voor zeevaart van 1,4 % p/j tot 2050 en 0,4 % p/j tot 2100 en voor binnenvaart resp. 1,0 % en 0 % p/j</p> <p>Netto effect op de scheepvaart tov 2015:</p> <p>Zeevaart: Factor 1,7 (70 % groei) in 2050, Factor 2,1 (110 % groei) in 2100</p> <p>Binnenvaart: Factor 1,5 (50 % groei) in 2050, stabiel tot 2100</p>

Tabel 8; Scenario's RUST en WARM voor sector scheepvaart

RUST	WARM
<p>Belangrijkste karakteristieken; Zeehavens</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beperkte uitbreiding van het Europese vaarwegennet • Haven Rotterdam blijft goed toegankelijk, sluiting Nieuwe Waterweg eens per 5 jaar in het jaar 2100 • Afname totale transportvraag versterkt status Rotterdam als regionale (Europese) hub. Het marktaandeel neemt nog verder toe door de aanwezigheid duurzame achterlandverbindingen • Nederlandse zeehavens versterken het marktaandeel in Le-Havre - Hamburg regio, vooral richting 2100 • Sterke toename marktaandeel <i>short-sea</i> in het continentale vervoer (gaat nu vooral over de weg) <p>Binnenvaart</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vaarwegen blijven goed toegankelijk voor de binnenvaart, effect klimaatverandering zeer beperkt • Afname relatief belang vervoer bulkgoederen door verduurzaming energie en vertrek zware industrie • Binnenvaart heeft een redelijk aandeel in het vervoer van intercontinentale containers • Middelmatische ontwikkeling multimodaal vervoer van continentale lading (voornamelijk containers maar in beperkte mate ook pallets) <p>Verhaallijn Als gevolg van een lage mondiale economische groei en een succesvolle globale transitie naar een duurzame maatschappij (mede door stimuleringsmaatregelen in groene infrastructuur) lukt het om de ergste effecten van klimaatverandering af te wenden. Ten aanzien van de infrastructuur kan verwacht worden dat de Rijn bevaarbaar blijft en dat er in beperkte mate geïnvesteerd zal worden in een duurzame opwaardering van de grotere nationale en internationale vaarwegen. Eveneens vind er op zekere hoogte een verschuiving van bedrijvigheid plaats naar aan het water gelegen locaties</p> <p>Dit resulteert in een defacto groei percentages voor zeevaart van 0,5 % p/j tot 2050 en een krimp met -1,5 % p/j tot 2100. Voor binnenvaart is dat resp. 0,3 % p/j voor de periode tot 2100</p> <p>Netto effect op de scheepvaart tov 2015:</p> <p>Zeevaart: Factor 1,2 (20 % groei) in 2050, Factor 0,6 (40 % krimp) in 2100</p> <p>Binnenvaart: Factor 1,1 (10 % groei) in 2050, Factor 1,3 (30 % groei) in 2100</p>	<p>Belangrijkste karakteristieken; Zeehavens</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geen verdere uitbreiding van het Europese vaarwegennet • Toegankelijkheid haven Rotterdam licht beperkt doordat, de Nieuwe Waterweg 3 maal per jaar sluit in het jaar 2100 • Afname totale transportvraag versterkt status Rotterdam als regionale (Europese) hub, aanwezigheid van de Rijn als natte achterlandverbinding resulteert niet tot extra doorvoervolumes • Nederlandse zeehavens behouden tot 2050 marktaandeel in Le-Havre - Hamburg regio, daarna afname • Tot 2050 behoud van marktaandeel <i>short-sea</i> in het continentale vervoer, daarna verlies t.o.v. wegvervoer <p>Binnenvaart</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vanaf 2050 ondervindt de binnenvaart sterke nadelige gevolgen van klimaatverandering • Behoud relatief belang vervoer bulkgoederen door gebruik fossiele energie en behoud zware industrie • Binnenvaart heeft een zeer beperkt aandeel in het vervoer van intercontinentale containers • Ontwikkeling van multimodale container binnenvaart komt niet van de grond <p>Verhaallijn Als gevolg van de lage economische groei zijn er vrijwel geen middelen beschikbaar om de transitie naar een duurzame maatschappij vorm te geven. Mede hierdoor lukt het niet om de gevolgen van klimaatverandering te beperken. Ook blijven investeringen in het opwaarderen van de natte infrastructuur uit wegens gebrek aan middelen. Het bevaarbaar houden van de Rijn heeft geen prioriteit. Als gevolg hiervan zal de rivier enkele maanden per jaar niet bevaarbaar zijn. Ook blijven investeringen in een duurzame opwaardering van de vaarwegen uit. Mede hierdoor komt multimodaal vervoer van continentale lading over water nauwelijks van de grond.</p> <p>Dit resulteert in een defacto groei percentages voor zeevaart van 0,6 % p/j tot 2050 en een krimp met -0,6 % p/j tot 2100. Voor binnenvaart is dat stabiel tot 2050 waarna een krimp optreedt met -1,25 % p/j voor de periode tot 2100</p> <p>Netto effect op de scheepvaart tov 2015:</p> <p>Zeevaart: Factor 1,3 (30 % groei) in 2050, Factor 0,9 (10 % krimp) in 2100</p> <p>Binnenvaart: Factor 1,0 (stabiel tot 2050) Factor 0,5 (50 % krimp) in 2100</p>

6 Internationale ontwikkelingen Rijn stroomgebied

Om inzicht te krijgen in de aanvoer van zoetwater via de Rijn zijn in deze paragraaf de resultaten opgenomen van onderzoek dat gedaan is in het kader van het Kennis voor Klimaatprogramma thema 2 (Climate proof fresh water supply). In deze studie is gekeken naar de invloed van socio-economische ontwikkelingen in het bovenstroomse gedeelte van

de Rijn op de verwachte afvoer van de Rijn bij Lobith. De studie heeft gekeken naar de bovenstroomse waterconsumptie en de invloed hiervan op de afvoeren van de Rijn bij Lobith. Binnen deze studie is het watergebruik van de verschillende sectoren in beeld gebracht⁹ in het bovenstroomse gebied van de Rijn voor de jaren 2025 en 2050 bij de klimaatscenario's G en W+. Hierbij is in deze studie onderscheid gemaakt tussen watervraag en daadwerkelijke consumptie. Dit is vooral belangrijk bij die sectoren waarvan de watervraag hoog is (bijvoorbeeld koelwater voor energie productie) maar waarbij het grootste deel van het ingenomen water ook weer terugstroomt naar de rivier en de feitelijke consumptie dus laag is. Voor de afvoer van de Rijn is uiteindelijk alleen de consumptie relevant.

De hydrologische toekomstprojecties voor de Rijnafvoer binnen deze studie zijn gebaseerd op geëxtrapoleerde tijdreeksen uit het verleden, rekening houdend met regionale veranderingen in neerslag - en verdampingspatronen. In deze projecties wordt dus geen rekening gehouden met mogelijke veranderingen in de waterconsumptie als gevolg van sociaaleconomische ontwikkelingen in het Rijnstroomgebied.

De verzamelde data voor de huidige en toekomstige waterconsumptie zijn samen met de hydrologische scenario's met een hydrologisch model (RIBASIM) doorerekend en de invloed op de afvoeren van de Rijn bepaald. In Tabel 9 staan de berekeningen per sector voor de huidige situatie en de jaren 2025 en 2050.

Tabel 9: Toekomstige waterconsumptie per functie bovenstroomse gebied van de Rijn (m³/s).

	Base case (2010)	2025 TREND G	2025 TREND W+	2050 TREND G	2050 TREND W+
Huishoudens	1.23	1.17	1.17	1.05	1.05
Landbouw	2.85	4.71	7.99	4.09	10.08
Veeteelt	1.73	1.68	1.68	1.59	1.59
Industrie	8.13	7.80	7.80	7.72	7.72
Energie	30.54	27.51	27.51	27.77	27.77
Totaal	44.48	42.86	46.14	42.23	48.22

Uit de studie volgt dat de waterconsumptie bovenstrooms van Lobith laag is ten opzichte van de gemiddelde Rijnafvoer. In de zomermaanden kan de gezamenlijke waterconsumptie voor de onderzochte sectoren oplopen tot maximaal zo'n 40 tot 50 m³/s. Procentueel gezien wordt onder de meest extreme omstandigheden (in de gebruikte dataset is dat 1976 geëxtrapoleerd naar W+ 2050) maximaal 5% van de afvoer daadwerkelijk geconsumeerd. Vanuit de studie worden een aantal beperkingen ten aanzien van de resultaten van het onderzoek geplaatst. De belangrijkste daarvan zijn:

- De gekozen scenario's zijn gebaseerd op het huidig gebruik en extrapolaties hiervan naar de toekomst. Deze aanpak wijkt dus af van de Deltascenario's waar ontwikkelingen op het gebied van klimaat, economie en bevolking worden gebruikt in de voorspelling van het toekomstige gebruik.
- Er is geen rekening gehouden met mogelijke veranderingen in het geïrrigeerde landbouw areaal. Tevens is er van uitgegaan dat irrigatie vooral gebruik maakt van grondwater en dat een eventuele uitbreiding van irrigatie geen invloed zal hebben op de beschikbaarheid van oppervlaktewater.
- De hydrologische interactie tussen grond en oppervlakte water is niet meegenomen.

⁹ Bocalon, A., Sprengers, C. en Jeuken, J., Impact van klimaatverandering en sociaaleconomische ontwikkelingen op lage afvoeren van de Rijn, Nederlandstalige samenvatting – versie 24 februari 2013, Deltares

- Er zitten grote onzekerheden in de bepaling van de return flow. Een deel van de return flow heeft als oorsprong grondwater (bijvoorbeeld drinkwater). Vermindering van deze return flow (bijvoorbeeld door een verschuiving naar het gebruik van oppervlaktewater) zal gevolgen hebben voor lage waterafvoeren.
- De sector scheepvaart in Duitsland is niet beschouwd. Het langer vasthouden van water bovenstrooms voor de voeding van kanalen en het anders beheren van sluisen in de Boven-Rijn zouden ook een invloed kunnen hebben op de lage afvoeren in Nederland, maar even zo goed ook op de Niederrhein in Duitsland zelf. Deze 'beheer-effecten' zijn niet meegenomen in de studie.