



**TOETSING VAN DE VOORLOPIGE BEOORDELING VAN HET
OVERSTROMINGSRISICO EN DE RISICOGEBIEDEN IN 2018
OVEREENKOMSTIG ARTIKEL 4 EN ARTIKEL 5 VAN DE
RICHTLIJN OVERSTROMINGSRISICO'S IN HET
INTERNATIONALE STROOMGEBIEDSDISTRICT EEMS
JULI 2019**





COLOFON

UITGEVER:

Flussgebietsgemeinschaft Ems (FGG Ems)



**Niedersächsisches Ministerium für Umwelt,
Energie, Bauen und Klimaschutz**

Archivstraße 2
30169 Hannover
www.umwelt.niedersachsen.de



**Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und
Verbraucherschutz**

des Landes Nordrhein-Westfalen
Schwannstraße 3
40476 Düsseldorf
www.umwelt.nrw.de

IN SAMENWERKING MET:



Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Rijnstraat 8
Postbus 20901
2500 EX Den Haag
<https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-infrastructuur-en-waterstaat>

BEWERKING:

Geschäftsstelle der FGG Ems

beim Niedersächsischen Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN)
Betriebsstelle Meppen
Haselünner Straße 78, 49716 Meppen
E-Mail: info@ems-eems.de

MEER INFORMATIE:

<http://www.ems-eems.de>
<http://www.ems-eems.nl>



INHOUD

1	INLEIDING	2
2	BESCHRIJVING VAN HET STROOMGEBIED	3
2.1	Algemene informatie	3
2.2	Klimaat	6
2.3	Hydrologie	6
3	INFORMATIE-UITWISSELING EN COÖRDINATIEPROCEDURES	8
4	HISTORISCHE OVERSTROMINGEN	9
5	INFORMATIE-UITWISSELING OVER DE NATIONALE METHODEN VOOR DE VOORLOPIGE BEOORDELING VAN HET OVERSTROMINGSRISICO CONFORM ARTIKEL 4 ROR	13
5.1	In aanmerking genomen soorten overstromingen	13
5.2	Beschrijving van de nationale methoden voor de voorlopige beoordeling van het overstromingsrisico	14
5.3	Inachtneming van klimaatverandering	20
6	COÖRDINATIE VAN DE VASTSTELLING VAN DE GEBIEDEN MET EEN POTENTIEEL SIGNIFICANT OVERSTROMINGSRISICO CONFORM ARTIKEL 5 ROR	21
7	MEER INFORMATIE	24
	LITERATUURLIJST	25



1 INLEIDING

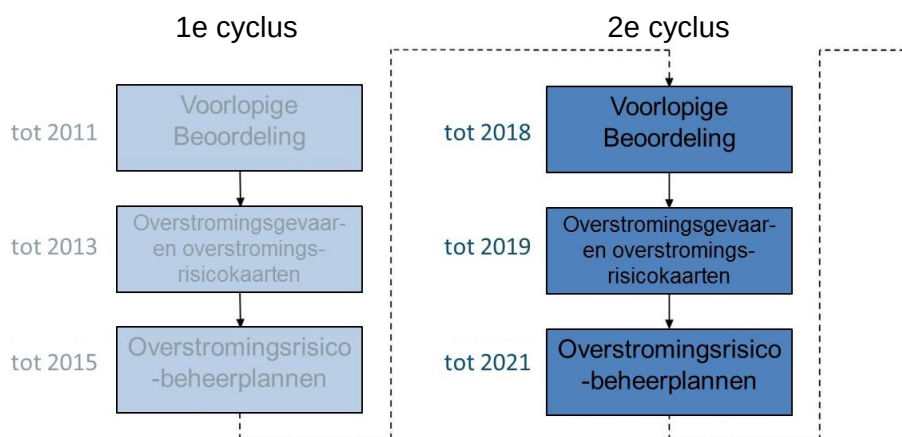
Richtlijn 2007/60/EG van het Europees Parlement en de Raad over beoordeling en beheer van overstromingsrisico's, kort 'richtlijn overstromingsrisico's' (ROR), is in 2007 in werking getreden. Zij voorziet in een uniform kader voor de omgang met overstromingsrisico's binnen de EU en heeft tot doel de negatieve gevolgen van overstromingen te verminderen voor de vier te beschermen belangen gezondheid van de mens, milieu, cultureel erfgoed en economische bedrijvigheid.

De ROR heeft een cyclus van zes jaar, waarbij elke cyclus uit drie stappen bestaat (zie Figuur 1):

1. Uitvoering van een voorlopige beoordeling van het overstromingsrisico (artikel 4 ROR) en aanwijzing van gebieden met een potentieel significant overstromingsrisico (artikel 5 ROR),
2. Opstelling van overstromingsgevaar- en overstromingsrisicokaarten (artikel 6) voor de aangewezen gebieden, en
3. Opstelling van overstromingsrisicobeheerplannen (artikel 7 ROR) voor deze gebieden.

Vóór eind 2011 moest voor het eerst een voorlopige beoordeling van de overstromingsrisico's worden verricht op grond van beschikbare of gemakkelijk af te leiden informatie. Als alternatief konden de lidstaten tot eind 2010 een beroep doen op overgangsregelingen op grond van artikel 13 ROR. Nederland had van deze mogelijkheid gebruik gemaakt. De eerste cyclus eindigde eind 2015 met de voltooiing van de overstromingsrisicobeheerplannen.

In de tweede cyclus, die op dit moment loopt, moeten de voorlopige beoordeling en de aangewezen risicogebieden worden getoetst en zo nodig worden bijgesteld. Wanneer in de vorige cyclus een beroep is gedaan op overgangsmaatregelen overeenkomstig artikel 13 ROR, moest nu een voorlopige beoordeling conform artikel 4 ROR plaatsvinden. Het resultaat van de toetsing is op 22 december 2018 door de bevoegde autoriteiten gepubliceerd.



Figuur 1: Actualiseringscyclus van de richtlijn overstromingsrisico's (LAWA 2017a)



De voorlopige beoordeling en de vaststelling van de risicogebieden omvatten de beschrijving van belangrijke overstromingen die zich in het verleden hebben voorgedaan en de effecten daarvan, een beoordeling van de mogelijke negatieve gevolgen van toekomstige overstromingen en de inschatting van het potentiële overstromingsrisico aan de hand van significantiecriteria voor de bovengenoemde beschermde belangen. Dit alles leidt uiteindelijk tot de identificatie van watertrajecten en gebieden waar sprake is van een potentieel significant overstromingsrisico (in het navolgende 'risicogebieden' genoemd).

Bij internationale stroomgebiedsdistricten (SGD) – zoals het SGD Eems – moeten de lidstaten er overeenkomstig artikel 4 lid 3 ROR bij de voorlopige beoordeling voor zorgen dat tussen de betrokken bevoegde autoriteiten adequate informatie wordt uitgewisseld. Daarnaast moet de vaststelling van de risicogebieden conform artikel 5 lid 2 ROR tussen de lidstaten worden gecoördineerd. Ter documentatie van de uitgewisselde informatie en de verrichte coördinatie is voor het SGD Eems al in de eerste cyclus een gezamenlijke internationale overzichtskaart van de risicogebieden gemaakt en een toelichtende tekst opgesteld (FGG Ems 2013).

Onderhavig rapport en de geactualiseerde overzichtskaart van de risicogebieden op bladzijde 23 zijn het resultaat van de Duits-Nederlandse informatie-uitwisseling en coördinatie bij de toetsing van de voorlopige beoordeling en de actualisering van de risicogebieden in de tweede cyclus van de ROR.

2 BESCHRIJVING VAN HET STROOMGEBIED

2.1 ALGEMENE INFORMATIE

De Eems en zijn zijtakken, het Eems-Dollard-estuarium en de aangrenzende kustwateren met delen van de Waddenzee en de bijbehorende Oostfriese eilanden vormen het internationale stroomgebiedsdistrict (SGD) Eems. Dit ligt op Duits en Nederlands grondgebied. Het grenst in het oosten aan het SGD Weser en in het zuiden en westen aan het SGD Rijn.

De Eems heeft van bron tot monding een lengte van ca. 371 km. Hij ontspringt in het oosten van de Westfaalse Bocht in de Kreis Gütersloh en stroomt in noordwestelijke richting naar de Noordzee (zie afbeelding 1.1). Op dit traject overbrugt de Eems een hoogteverschil van ca. 134 meter. Kort voor de monding in de Noordzee mondt de Eems uit in de zuidelijk van Emden gelegen Dollard, een ca. 100 km² grote zeearm die is ontstaan door een stormvloed in de Middeleeuwen.



In totaal beslaat het SGD Eems tot één zeemijl uit de kust een oppervlakte van ca. 17.802 km². Van deze 17.802 km² liggen

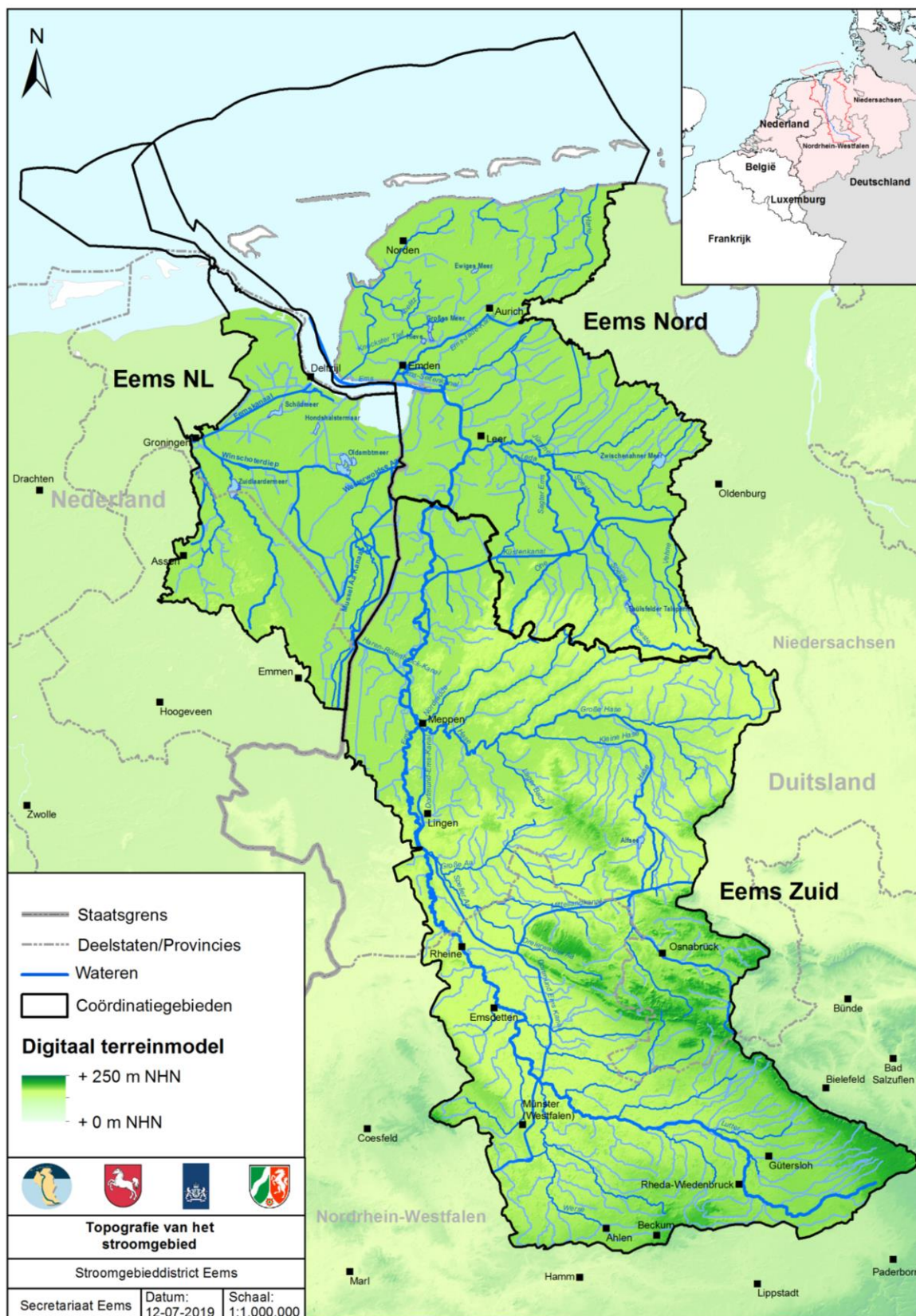
- 4.134 km² (23 %) in Nordrhein-Westfalen en
- 10.874 km² (61 %) in Niedersachsen en
- 2.312 km² (13 %) op Nederlands grondgebied.
- De resterende 3 % (482 km²) komt voor rekening van het internationale werkgebied Eems-Dollard.

Het grootste deel van het stroomgebied maakt deel uit van de Noord-Duitse laagvlakte; er zijn nauwelijks noemenswaardige verheffingen te vinden. Het *Schichtstufen*-landschap van het Teutoburger Wald kent de hoogste verheffingen tot een hoogte van 331 m boven NAP (zie Figuur 2).

Belangrijke zijrivieren van de Eems, met een stroomgebied van meer dan 100 km², zijn – gezien van zuid naar noord – links van de Eems de rivieren Werse, Münstersche Aa, Hunze, Drentsche Aa en Westerwoldsche Aa, en rechts van de Eems de rivieren Glane, Grote Aa, Hase, Nordradde en Leda.

In het stroomgebied van de Eems zijn er maar twee wateren die de grens tussen Duitsland en Nederland overschrijden, namelijk het Haren-Ruitenbroekkanaal, met een sluis op de grens, en het deels gemeenschappelijk beheerde Eems-Dollard-estuarium.

In totaal wonen er ca. 3,4 miljoen mensen in het stroomgebiedsdistrict Eems. Grote delen van het stroomgebied hebben een overwegend agrarisch karakter en zijn relatief dun bevolkt. De belangrijkste steden zijn Münster (ca. 310.000 inwoners), Osnabrück (ca. 164.000 inwoners), Lingen (ca. 54.000 inwoners), Emden (ca. 51.000 inwoners) en Groningen (ca. 231.000 inwoners).



Figuur 2: Topografie van het stroomgebied op basis van SRTM-data (U.S. Geological Survey 2000)

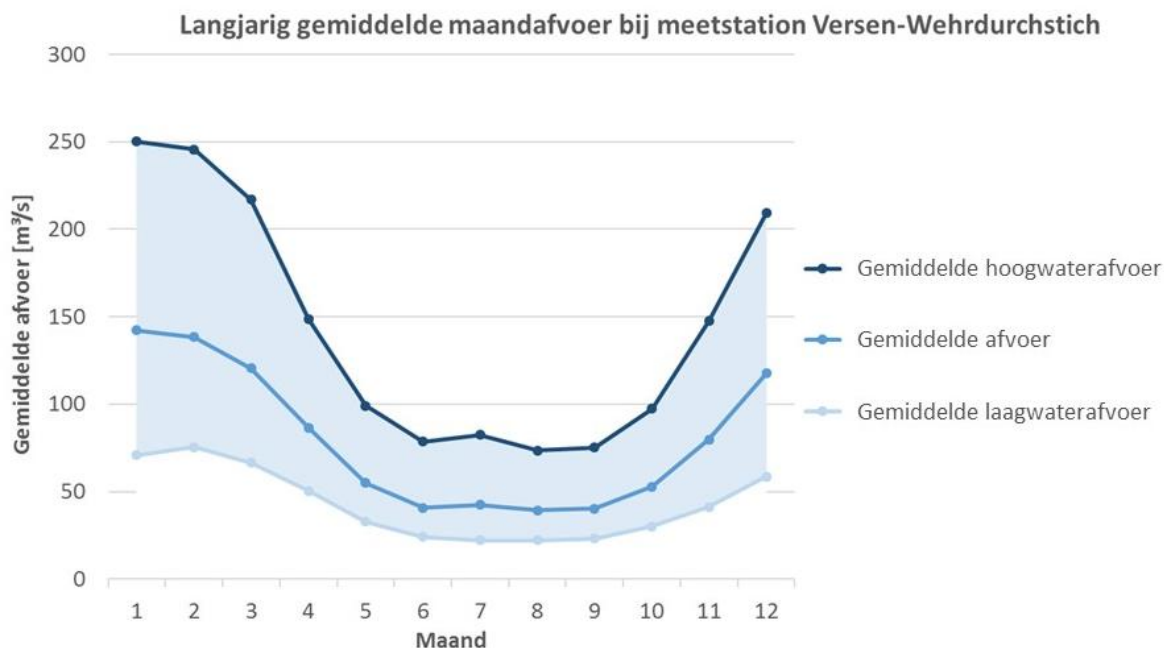


2.2 KLIMAAT

Het stroomgebied van de Eems heeft een Atlantisch klimaat met gematigd warme zomers en regenrijke, betrekkelijk zachte winters. De langjarige gemiddelde neerslag (1961 - 1990) bedraagt ca. 700 tot 800 mm, in de hogere delen van het Teutoburger Wald tot 1.000 mm (BGR 2016). De gemiddelde jaartemperatuur ligt tussen 8,5 en 9° C (FGG EMS 2005).

2.3 HYDROLOGIE

Het optreden van overstromingen in het binnenland is afhankelijk van de neerslaghoogte en -duur, van de reliëfenergie, de bergingscapaciteit en het absorptievermogen van de grond voor water. Het Eems-stroomgebied wordt gekenmerkt door een lage reliëfenergie en goed doorlatende zandgronden. Overstromingen zijn daardoor met name gevolg van lang aanhoudende neerslag in combinatie met een al verzadigde bodem. Hoogwatergolven ontwikkelen zich langzaam en hebben brede afvoertoppen. Het afvoerproces wordt in de meeste jaren gekenmerkt door een hoogwaterfase van december tot en met maart en een laagwaterperiode van juni tot en met oktober (zie Figuur 3). Er is zodoende sprake van een pluviaal afvoerregime met een grote oceanische invloed. In de zomer ligt het afvoervolume in de regel ca. 2,5 keer lager dan in de winter.



Figuur 3: Langjarig gemiddelde maandaafvoer bij meetstation Versen-Wehrdurchstich (1941 - 2017) (meetstationgegevens: WSV en BfG 2018)

Ter karakterisering van de hydrologische condities in het stroomgebied van de Eems worden in Tabel 1 de belangrijkste afvoerwaarden bij de referentiemeetstations langs belangrijke riviertrajecten op een rijtje gezet. De langjarig gemiddelde jaarafvoer bedraagt



bijvoorbeeld bij het meetstation Versen Wehrdurchstich 79,1 m³/s. De hoogste sinds 1941 gemeten afvoer ligt hier bij 1200 m³/s.

Tabel 1: Belangrijkste afvoerwaarden voor referentiepeil van belangrijke riviertrajecten in het stroomgebied van de Eems (WSV en BfG 2018, NLWKN 2019b, NLWKN 2019c)

Rivier	Eems	Eems	Hase
Pegel	<i>Rheine Unterschleuse (1941 – 2017)</i>	<i>Versen Wehrdurchstich (1941 – 2017)</i>	<i>Bokeloh (1957 – 2017)</i>
Stroomgebied [km ²]	3.740	8.389	2.975
MQ [m ³ /s]	36,2	79,1	28,9
MHQ [m ³ /s]	228	356	105
HQ [m ³ /s]	1030	1200	196
HQ _{frequent} [m ³ /s]	453,75 (HQ20)	686 (HQ20)	159 (HQ20)
HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	605 m ³ /s	914	189
HQ _{extreem} [m ³ /s]	1030	1280	256

MQ = Gemiddelde afvoer

MHQ = Gemiddelde hoogwaterafvoer

HQ = Hoogste afvoer

HQ_{frequent} = Hoogwater om de 10 tot 20 jaar

HQ₁₀₀ = Hoogwater, een keer in de 100 jaar

HQ_{extreem} = Extreem hoogwater, minder dan eens in 100 jaar

In de kustomgeving worden de waterstanden bij gemiddelde omstandigheden met name door de getijden beïnvloed. De getijdeninvloed doet zich op de hoofdstroom van de Eems gelden tot de stuw bij Herbrum. Twee keer per dag wisselen hoog- en laagwater elkaar hier af. Het tijverschil bedraagt in Bensersiel gemiddeld 2,79 m.

Stormvloedvallen treden relatief vaak in de wintermaanden op. Ze zijn afhankelijk van het zeespiegelniveau en de meteorologische omstandigheden. Bij de laatstgenoemde zijn met name de kracht en de frequentie, maar vooral ook de windrichting van stormen doorslaggevend voor de stormvloedwaterstanden.

Voor de kustomgeving worden geen afvoeren maar waterstanden geregistreerd. In Duitsland worden deze gemeten ten opzichte van *Normalhöhennull* (NHN), in Nederland ten opzichte van *Normaal Amsterdams Peil* (NAP). Tabel 2 bevat een overzicht van relevante parameters voor geselecteerde kustmeetstations.



Tabel 2: Waterstanden bij kustmeetstations in het Eems-stroomgebied (NLWKN 2019b, RWS CIV 2013)

Water	Noordzee	Eems-Dollard
Meetstation	<i>Bensersiel</i> (2008 – 2017)	<i>Delfzijl</i> (1900 – 2010)
Gemiddeld laagtij	NHN – 1,32 m	NAP - 1,66 m
Gemiddeld hoogtij	NHN + 1,44 m	NAP + 1,40 m
Gemiddeld tijverschil	2,76 m	3,06 m
Hoogste bekende waterstand	Stormvloed 1906 NHN + 4,77 m	Stormvloed 2006: NAP + 4,83 m

3 INFORMATIE-UITWISSELING EN COÖRDINATIEPROCEDURES

Op grond van artikel 4 lid 3 ROR moet in internationale stroomgebiedsdistricten bij de voorlopige beoordeling worden gezorgd voor de uitwisseling van adequate informatie tussen de bevoegde autoriteiten. Daarnaast moet de vaststelling van de risicogebieden overeenkomstig artikel 5 lid 2 ROR tussen de lidstaten worden gecoördineerd.

Al in 2009 zijn de bevoegde ministeries van Nederland, Duitsland en de betrokken Duitse deelstaten door onderlinge correspondentie overeengekomen om bij de uitvoering van de ROR op dezelfde wijze samen te werken als bij de uitvoering van de Kaderrichtlijn Water. Dat betekent dat de informatie-uitwisseling en de coördinatie met betrekking tot grensoverschrijdende thema's in het internationale stroomgebied plaatsvinden in de reeds bestaande Internationale Stuurgroep Eems (ISE) en de Internationale Coördinatiegroep Eems (ICE).

De ISE is verantwoordelijk voor de grensoverschrijdende afstemming en de algemene vorderingen van de werkzaamheden. In deze stuurgroep nemen de vertegenwoordigers van de bevoegde ministeries de belangrijkste beslissingen over de samenwerking tussen de betrokken lidstaten/deelstaten.

In de ICE hebben deskundigen uit Nederland, Nordrhein-Westfalen en Niedersachsen zitting. Dit orgaan voert de belangrijkste besluiten van de Internationale Stuurgroep Eems uit en maakt concrete afspraken over de gezamenlijke uitvoering van de benodigde operationele activiteiten. De werkzaamheden van de ISE en de ICE worden gecoördineerd door het Secretariaat van de *Flussgebietsgemeinschaft Ems*, gevestigd in Meppen.

Naast de ISE- en ICE-vergaderingen vindt tussen Duitse en Nederlandse experts regelmatig (2 x per jaar) overleg over de ROR plaats.

Voor het werkgebied Eems-Dollard, dat zowel Duitse als Nederlandse gebiedsdelen omvat en waarin het verloop van de staatsgrens omstreden is, werd overeengekomen dat de taken



in verband met de uitvoering van de ROR behandeld worden in Subcommissie 'G' van de Permanente Nederlands-Duitse Grenswaterencommissie.

4 HISTORISCHE OVERSTROMINGEN

Op grond van artikel 4 lid 2b ROR moet in het kader van de voorlopige beoordeling een beschrijving worden gegeven van de significante overstromingen die zich in het verleden hebben voorgedaan en de significante negatieve effecten daarvan op de menselijke gezondheid, het milieu, het cultureel erfgoed en de economische bedrijvigheid.

In dit hoofdstuk worden ter illustratie enkele grotere overstromingen beschreven die in het verleden het Eems-stroomgebied hebben getroffen. Deze overstromingen hadden tot gevolg dat op grote schaal hoogwaterbeschermende maatregelen werden getroffen, die het risico van soortgelijke overstromingen in de toekomst aanzienlijk hebben gereduceerd.

Stormvloed 1717

De Kerstvloed van 24/25 december 1717 behoort tot de zwaarste stormvloeden ooit die de Noordzeekust troffen. De kustgebieden van noordelijk Nederland en de Duitse deelstaten Niedersachsen en Schleswig-Holstein tot in Denemarken raakten overstroomd. Bij Emden werd een waterstand van 4,62 m boven NAP geregistreerd. Deze natuurramp eiste ongeveer 11.000 mensenlevens, ruim 4.000 huizen werden door de vloedgolven verwoest. De kustbescherming werd in de daaropvolgende jaren aanzienlijk verbeterd. De dijken werden versterkt en duidelijk verhoogd om beter bestand te zijn tegen toekomstige stormvloeden (Rhode 1977, Stadtarchiv Leer 2018).



Foto 1: Getroffen/overstroomde gebieden van de stormvloed van 1717 (ingekleurde kopergravure van Johann Baptist Homann)

Stormvloed 1825



De stormvloed van 3 tot 5 februari 1825 kostte ca. achthonderd mensenlevens langs de Duitse, Nederlandse en Deense kust. De stormvloed leidde tot veel dijkbreuken en de grootschalige aantasting van duinen op de eilanden; met name de Duitse Halligen-eilanden werden zwaar getroffen. Tot 1962 was dit de stormvloed met de hoogste waterstanden die ooit zijn gemeten. Langs de Oost-Friese kust had het gebied rond Emden sterk te lijden van de stormvloed. Hier werden waterstanden van 4,65 m boven NAP gemeten (Rhode 1977).

Eems-hoogwater van 1946

Het hoogwater van de Eems op 9 februari 1946 was een van de zwaarste overstromingsrampen in het binnenland van het Eems-stroomgebied. Na een veertiendaagse vorstperiode met bevroren grond trad de dooi in en volgden dagen met zeer zware regenval. Bij het meetstation Rheine Unterschleuse werd op 10 februari 1946 een waterafvoer van 1030 m³/s gemeten. Deze lag ver boven de gemiddelde langjarige hoogwaterafvoer (MHQ) van 228 m³/s. Nog geen jaar na het einde van de Tweede Wereldoorlog trof deze ramp de bevolking bijzonder hard. Een groot aantal verwoeste bruggen stuwden het water extra hoog op, en als gevolg van de oorlog waren de nieuwsdiensten en telefoonverbindingen uitgevallen. Dammen en dijken braken door, mensen en vee werden in hun huizen en stallen door het hoogwater verrast, en de toch al krappe voedselvoorraden werden vernietigd. De steden Münster, Rheine, Lingen en Meppen stonden wekenlang blank. Al met al duurde het hoogwater 21 dagen. Na de ramp werd langs de oevers en in het stroomgebied van de Eems een breed scala van maatregelen genomen ter bescherming tegen toekomstige overstromingen.



Foto 2: Hoogwater op de Eems 1946 – blik op het marktplein van Lingen (bron: Stadtarchiv Lingen)

Stormvloed 1962

De stormvloed aan de Noordzeekust op 16/17 februari 1962 was de hoogste stormvloed van de twintigste eeuw. In Niedersachsen kostte deze ramp een twintigtal mensen het leven. In Bensenwerder werden waterstanden gemeten van 4,65 m boven NAP. Ook de stroomgebieden van de Weser en de Elbe hadden sterk van de stormvloed te lijden. De



economische schade bedroeg ca. 160 miljoen Duitse mark, en er braken 61 dijken door in heel Niedersachsen. Op de Noordzee-eilanden was op grote schaal sprake van duinafslag en -doorbraken. Na deze stormvloed werden de dijken aanzienlijk verhoogd (NLWKN 2017).

Werse-hoogwater 2001

Op 3 mei 2001 trad de rivier de Werse buiten haar oevers. Daaraan waren hevige onweersbuien voorafgegaan met 120 mm neerslag in minder dan een uur. Met name de stad Ahlen werd zwaar getroffen. Achthonderd huizen, vooral voormalige mijnwerkerswoningen, werden overstroomd. Er vielen geen doden te betreuren, maar de totale schade bedroeg meer dan 20 miljoen euro. Bij het meetstation Ahlen werd op 3 mei 2001 een afvoer van 87,1 m³/s gemeten. Daarmee werd de gemiddelde langjarige hoogwaterafvoer (MHQ = 14,7m³/s) met een factor zes overschreden (NLWKN 2004).

Hase-hoogwater 2010

Het zomerhoogwater op de Hase van 27 tot 30 augustus 2010 was het gevolg van intensieve regenval die op 26 en 27 augustus 162 mm neerslag bracht. Doordat het ook in de weken daarvoor lang en aanhoudend had geregend, was de grond al met water verzadigd, zodat deze sterke neerslag snel tot een overstroming leidde. De neerslag concentreerde zich op het Osnabrücker Bergland. Door de morfologie van het landschap kwam het tot een snelle concentratie van de afvoer en liepen grote delen van de regio Osnabrück onder water. Bij het meetstation in Bramsche werd op 28 augustus 2010 een afvoer van 128 m³/s (MHQ = 51,7 m³/s) geregistreerd (NLWKN 2018).



Foto 3: Hase-hoogwater 2010, bij Wissingen (bron: NLWKN)

Stormvloed 2013 (Sint-Nicolaasvloed)

De Sint-Nicolaasvloed van 6 december 2013 was een van de zwaarste stormvloeden langs de Noordzeekust van de afgelopen honderd jaar. De stormvloed werd veroorzaakt door de orkaandeepressie Xaver, die met windsnelheden van 150 tot 160 km/h over Noord-Europa raasde. De lang aanhoudende noordwesterstorm met windkracht negen à tien veroorzaakte een serie van vier stormvloeden aan de Noordzeekust. Grootschalige duinafslag op de



Oost-Friese eilanden was het gevolg. Bij de Eems-stormvloedkering werd een waterstand van 3,74 m boven NAP gemeten (NLWKN 2017, BSH 2019).



Foto 4: Duinafslag bij de Harlehörn Düne op Wangerooge (bron: NLWKN)



5 INFORMATIE-UITWISSELING OVER DE NATIONALE METHODEN VOOR DE VOORLOPIGE BEOORDELING VAN HET OVERSTROMINGSRISICO CONFORM ARTIKEL 4 ROR

5.1 IN AANMERKING GENOMEN SOORTEN OVERSTROMINGEN

Zowel in Duitsland als Nederland is bij de voorlopige risicobeoordeling in eerste instantie uitgegaan van **overstromingen van oppervlaktewateren** (bijv. rivieren en meren) en **overstromingen in kustgebieden** door stormvloed.

Daarnaast werd ook naar de volgende soorten overstromingen gekeken, maar deze werden niet als significant in de zin van de ROR beschouwd en hoefden dus niet in de voorlopige beoordeling te worden meegenomen:

- Overstromingen door oppervlakteafvoer / intense neerslag
- Overstromingen door opkomend grondwater
- Overstromingen door het falen van stuwen
- Overstromingen door de overbelasting van afvalwatersystemen.

Overstromingen als gevolg van intense neerslag moeten wel worden beoordeeld als een risico in algemene zin, maar niet als een significant overstromingsrisico in de zin van de ROR. Convectieve neerslag met grote neerslaghoogten en -intensiteiten kan in beginsel overal optreden, maar betreft altijd slechts een beperkt oppervlak. Bovendien kan de kans van optreden voor een specifieke locatie statistisch onvoldoende solide worden aangegeven. Dit soort overstromingen veroorzaakt in de regel pas significante overstromingsrisico's als de oppervlakteafvoeren zich in wateren verzamelen. Deze gebeurtenissen zijn niet direct in aanmerking genomen, maar worden wel impliciet meegenomen via de overstromingsrisico's bij de oppervlaktewateren.

Naar aanleiding van intense neerslaggebeurtenissen uit het verleden worden aan Duitse kant in het kader van de toetsing en bijstelling van de overstromingsrisicobeheerplannen preventieve maatregelen voor een intense-neerslagmanagement op gemeentelijk niveau voorgesteld – met name maatregelen die synergieën bij de omgang met rivierhoogwater opleveren. In Nordrhein-Westfalen is in november 2018 de *Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement* geïntroduceerd, met behulp waarvan de gemeenten dreigings- en risicoanalyses voor intense neerslag uitvoeren en op basis daarvan een gerichte aanpak kunnen ontwikkelen.

In Nederland is een eerste verkennend onderzoek uitgevoerd naar de overstromingsrisico's door intense neerslag (Deltares 2018). Onderzocht werden overstromingen die door de directe afstroming van regenwater op het landoppervlak ontstaan alvorens een waterloop of het rioolsysteem te bereiken. Voordat aan deze analyse conclusies kunnen worden verbonden, is verder onderzoek vereist.



5.2 BESCHRIJVING VAN DE NATIONALE METHODEN VOOR DE VOORLOPIGE BEOORDELING VAN HET OVERSTROMINGSRISICO

Vanwege verschillende juridische en vakinhoudelijke grondslagen voor de hoogwaterbescherming hanteren Duitsland en Nederland een verschillende aanpak bij de voorlopige beoordeling van het overstromingsrisico.

De landen in het SGD Eems hebben echter conform artikel 4 lid 3 ROR informatie uitgewisseld over hun nationale methoden. Deze methoden worden in het navolgende kort toegelicht; voor meer informatie wordt verwezen naar de websites die in hoofdstuk 7 worden genoemd.

Duitsland

De deelstaten Niedersachsen en Nordrhein-Westfalen hebben de voorlopige beoordeling overeenkomstig artikel 4 ROR al in de eerste beheercyclus in 2011 verricht. Deze beoordeling moest in de tweede cyclus worden getoetst en zo nodig worden bijgesteld.

De uniforme grondslag voor de voorlopige beoordeling in de eerste cyclus was de aanbeveling voor de 'Vorgehensweise bei der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos nach HRWM-RL' (aanpak van de voorlopige beoordeling van het overstromingsrisico conform ROR), zoals geformuleerd door de *Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft-Wasser* (LAWA; LAWA 2009). Voor de toetsing van de voorlopige beoordeling in de tweede cyclus werd de binnen Duitsland gehanteerde aanpak verder geharmoniseerd. Deze gezamenlijke aanpak wordt verwoord in de 'Empfehlung für die Überprüfung der vorläufigen Risikobewertung des Hochwasserrisikos und der Hochwassergebiete nach EU-Richtlinie' oftewel de aanbeveling voor de toetsing van de voorlopige risicobeoordeling van het overstromingsrisico en de overstromingsgebieden conform EU-richtlijn' (LAWA 2017a).

Aan de voorlopige beoordeling lag het waterloopstelsel ten grondslag dat ook het uitgangspunt voor de Kaderrichtlijn Water vormde (waterlopen met een stroomgebied groter dan 10 km²) en/of wateren waarvan bekend is dat er zich in het verleden overstromingen hebben voorgedaan en waar volgens deskundigen ook in de toekomst overstromingen met significante negatieve effecten kunnen optreden. Zo werden alle belangrijke hoofdstromen en zijrivieren meegenomen, evenals de door dijken beschermde gebieden in de kustomgeving.

Conform de bepalingen van de ROR werd beschikbare of gemakkelijk af te leiden informatie verzameld. Op basis daarvan hebben de deelstaten vanwege uiteenlopende vakinhoudelijke en juridische grondslagen uiteenlopende methoden voor de voorlopige beoordeling ontwikkeld. Deze bleven in de tweede cyclus in beginsel gehandhaafd, waarbij echter wel naar een verregaande harmonisering werd gestreefd. Hieronder worden kort de methoden toegelicht die worden gehanteerd door de deelstaten Niedersachsen en Nordrhein-Westfalen.



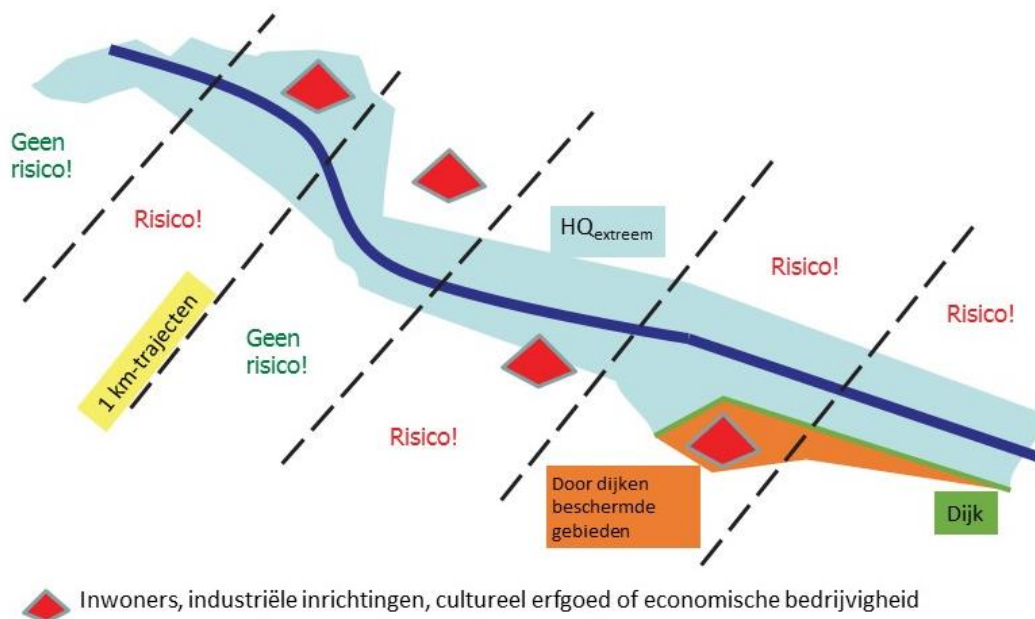
In Niedersachsen gehanteerde methode voor de voorlopige beoordeling

In Niedersachsen spelen twee soorten overstromingen een rol: overstromingen door binnenwateren en overstromingen door de zee in kustgebieden.

Als onderzoekskader voor de voorlopige beoordeling voor het **binnenland** werd in de eerste cyclus uitgegaan van alle wateren waarvoor op grond van § 115 van het *Niedersächsisches Wassergesetz* (NWG) overstromingsgebieden moeten worden aangewezen. Daarop voortbouwend werden zogenaamde 'risicowateren' geïdentificeerd, waarbij historische overstromingen en relevante expertise op een bijzondere significantie duiden.

In navolging van de adviezen van het LAWa (2017a) werd in de tweede uitvoeringscyclus voortgebouwd op de risicowateren uit de eerste cyclus. Op grond van opgetreden overstromingen of als resultaat van de afstemming tussen aangrenzende deelstaten werden nieuwe risicowateren aan de beoordeling toegevoegd.

Binnen de aldus vastgestelde risicowateren werden in een volgende stap zogenaamde risicotrajecten geïdentificeerd. Hiervoor werden de geselecteerde risicowateren onderverdeeld in 1 km-trajecten en werd gekeken of in het potentieel overstroomde gebied van deze trajecten beschermde belangen (bijv. grotere woongebieden of bepaalde industriële inrichtingen) in het geding zijn (zie Figuur 4). In de eerste cyclus werd hiervoor uitgegaan van het overstroomde oppervlak bij een HQ_{100} -afvoer, in de tweede cyclus van het oppervlak bij een HQ_{extreem} -afvoer. Watertrajecten waarbij een overschrijding van de vastgestelde significantiedrempels werd geconstateerd, werden als risicotrajecten gedefinieerd. Wanneer in het potentieel overstroomde gebied beschermde belangen werden geïdentificeerd die door een dijk of keermuur worden beschermd, werd het volledige dijktraject als risicotraject opgenomen.



Figuur 4: Schematische weergave van de methode ter identificatie van risicotrajecten in Niedersachsen



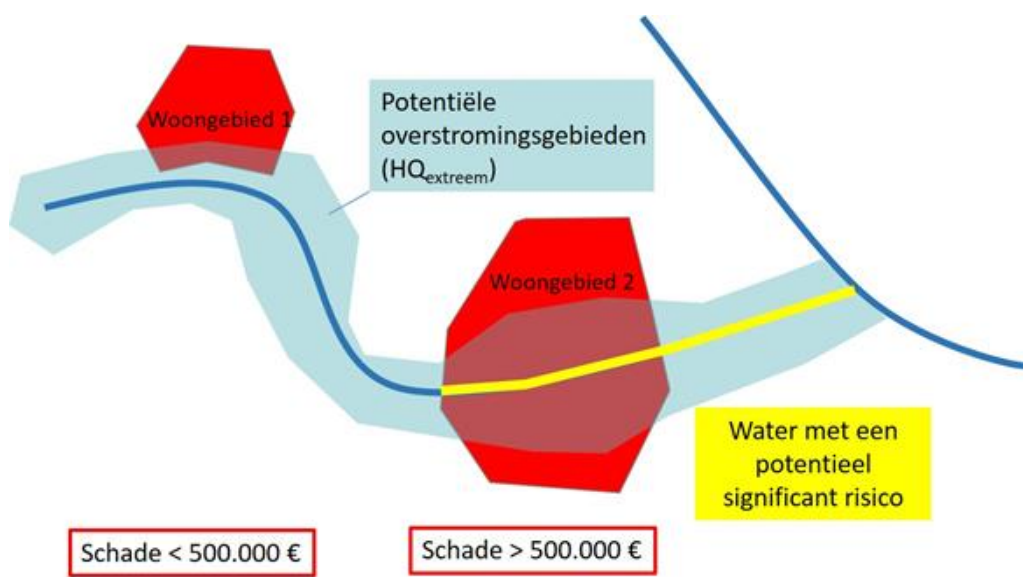
Het **kustgebied** werd als apart risicogebied beschouwd, omdat daar het gevaar bestaat van overstromingen vanuit zee. Overstromingen zijn hier echter alleen te verwachten wanneer zeedijken bij extreme gebeurtenissen zouden bezwijken. In Niedersachsen zijn de door dijken beschermde gebieden als risicogebied gedefinieerd op grond van § 6 lid 1 van het *Niedersächsisches Deichgesetz* (NDG). De beschrijvingen van de eerste uitvoeringscyclus werden in die zin uitgebreid dat in de tweede cyclus nu ook de risicowateren in het risicogebied langs de kust op de gevaar- en risicokaarten worden weergegeven.

In Nordrhein-Westfalen gehanteerde methode voor de voorlopige beoordeling

Aangezien Nordrhein-Westfalen geen kustgebieden omvat, had de voorlopige beoordeling uitsluitend betrekking op overstromingen door binnenwateren.

Als kader voor de in de eerste cyclus voor het eerst verrichte voorlopige beoordeling diende de zogenaamde 'Gewässerliste'; een overzicht van de waterlopen of -trajecten waarbij door overstromingen meer dan slechts geringe schade was ontstaan of te verwachten was (MKULNV 2011).

Voor deze wateren werd eerst het oppervlak berekend dat bij een extreem hoogwater (HQ_{extreem}) potentieel kon overstromen. Hiervoor werden beschikbare gegevens gebruikt, deels werden de oppervlakken ook met een vereenvoudigde methode berekend. De potentiële overstromingsgebieden werden vervolgens gecombineerd met de aan het water liggende woongebieden (ATKIS-data) en werd voor het overlappende gebied op vereenvoudigde wijze de potentiële schade berekend. Omdat overstromingsschade en maatregelen ter vermindering van het overstromingsrisico ook gevolgen voor betrokkenen benedenstrooms kunnen hebben, werd vanaf het watertraject waarbij een overschrijding van de vastgestelde schadedrempel werd geconstateerd (bijv. 500.000 € schade of 1 IPPC-installatie in het overstromingsgebied) de waterloop tot aan de uitmonding daarvan gedefinieerd als water met een potentieel significant risico (zie figuur 5). Voor meer gedetailleerde informatie over de methode wordt verwezen naar het 'Bericht zur vorläufigen Bewertung nach der EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (EG-HWMM-RL) in NRW' (MKULNV 2011) en naar het rapport „Überprüfung und Aktualisierung der vorläufigen Risikobewertung im 2. Zyklus der EU-HWRM-RL sowie Aktualisierung der Risikogewässer“ (MULNV 2018).



Figuur 5: Schematische weergave van de methode ter identificatie van risicowateren in Nordrhein-Westfalen

Toetsing van de voorlopige beoordeling

In de tweede cyclus van de ROR werd voor de risicowateren uit de eerste cyclus aan de hand van de op LAWA-niveau afgestemde criteria (significantiecriteria) onderzocht of er nog steeds sprake was van een significant overstromingsrisico. Bovendien werden die wateren en watertrajecten beoordeeld waarvoor sinds de eerste voorlopige beoordeling nieuwe inzichten en data beschikbaar waren, waarbij het met name ging om nieuwe significante schadegebeurtenissen, substantiële veranderingen van potentiële schade en nieuwe inzichten die waren verkregen bij de opstelling van de overstromingsgevaar- en overstromingsrisicokaarten of de ORBP-en.

Significantiecriteria

Bij de beoordeling van de risicowateren zijn Niedersachsen en Nordrhein-Westfalen uitgegaan van de significantiecriteria zoals gedefinieerd in de LAWA-aanbevelingen (zie Tabel 3).

Zo is bijvoorbeeld sprake van significantie wanneer bij een extreem hoogwater (HQ_{extreem}) een aaneengesloten woongebied of bedrijventerrein van ten minste 0,5 tot 5 ha getroffen wordt. De toegepaste bandbreedte voor de significantiedrempel weerspiegelt onder andere de specifieke regionale belangen.



Tabel 3: Significantiecriteria voor de bedreiging van beschermde belangen (LAWA 2017a)

Significantiecriteria	Relevante beschermde belangen				Criterium (opmerking)	Bandbreedte significantie-drempel
	Menselijke gezondheid	Economische bedrijvigheid	Milieu	Cultureel erfgoed		
Bedreiging van personen en goederen						
Aaneengesloten woongebieden	x	x			Getroffen gebied bij HQ _{extreem}	0,5-5 ha
Bedrijven-/industrieterreinen	x	x				0,5-5 ha
Milieubedreigingen						
Installaties met milieubedreigende stoffen						
IED-installaties ⁵			x		Aanwezigheid, bedreiging	≥ 1
Bedrijven die onder 'Störfallverordnung' (Seveso-III-richtlijn) vallen			x			≥ 1
PRTR-installaties ⁶			x			≥ 1
Beschermde gebieden (in principe conform KRW)						
Besch. gebn. (bijv. Natura 2000 etc.)			x		Aanwezigheid, bedreiging	≥ 1
Drinkwateronttrekkingspunten	x		x			≥ 1
Besch. gebn. drinkwtr en geneeskr. bronnen	x		x			≥ 1
Zwemwater	x					≥ 1
Bedreiging van cultuurogoederen /-objecten						
UNESCO-wereldcultuurerfgoed				x	Aanwezigheid, bedreiging	≥ 1
Monumenten/onder monumentenzorg vallende gebouwen of stads- en dorpskernen/kunst- en historische monumenten				x	Aanwezigheid, belang, bedreiging	≥ 1

⁵ Installaties conform Richtlijn Industriële Emissies 2010/75/EU (Industrial Emissions Directive)

⁶ Installaties die rapportageplichtig zijn voor het register inzake de uitstoot en overbrenging van verontreinigende stoffen (Pollutant Release and Transfer Register)



Nederland

Nederland heeft in de tweede cyclus voor het eerst een voorlopige beoordeling van het overstromingsrisico conform artikel 4 ROR verricht. In de eerste rapportagecyclus had Nederland gebruik gemaakt van de overgangsregeling van de richtlijn (artikel 13 lid 1b ROR) en overstromingsgevaar- en overstromingsrisicokaarten voor het hele grondgebied opgesteld. De Nederlandse aanpak van de voorlopige beoordeling wordt beschreven in de brochure 'Overstromingsrisico's in Nederland' (Ministerie van IenW 2018).

Overeenkomstig de bepalingen van de richtlijn heeft ook aan Nederlandse kant een evaluatie van historische overstromingen plaatsgevonden. Na deze overstromingen werden uitgebreide hoogwaterbeschermende maatregelen genomen, waardoor het risico op soortgelijke overstromingen in de toekomst fors afnam. Dit laat onverlet dat er restrisico's zijn, die niet met historische overstromingen in beeld kunnen worden gebracht. In plaats daarvan moesten voor de risicobeoordeling de negatieve gevolgen van mogelijke toekomstige overstromingen systematisch worden geanalyseerd.

Voor deze analyse werd gebruik gemaakt van modelberekeningen en inzichten uit het waterbeheer. Daarbij werden diverse typen watersystemen onderscheiden:

- Hoofdwatersysteem: grote rivieren en estuaria, grote meren (inclusief afgesloten zeearmen) en kustwateren (o. a. Noordzee, Rijn en Maas)
- Regionale watersystemen: kleine rivieren en beken, boezemwateren, scheepvaartkanalen, afgezonderde meren en plassen en polderwateren
- Lokale watersystemen: wateropslagbekkens en stedelijke watersystemen inclusief riolering.

Bovendien werd onderscheid gemaakt tussen beschermde en onbeschermde gebieden. Gebieden worden als beschermd beschouwd als ze door een waterkering (duinen, dammen, sluizen, stuwen, dijken) tegen overstroming worden beschermd. Onbeschermde gebieden kunnen ongehinderd overstromen.

Zodoende is in de analyse gekeken naar de volgende typen overstromingen:

- A. Overstroming van onbeschermde gebieden langs het hoofdwatersysteem;
- B. Overstroming van beschermde gebieden langs het hoofdwatersysteem;
- C. Overstroming van beschermde gebieden langs het regionale watersysteem;
- D. Overstroming van onbeschermde gebieden langs het regionale watersysteem.

Voor deze vier overstromingstypen werden met behulp van statistische analyses en modelberekeningen de potentieel overstroombare gebieden voor verschillende overstromingskansen (bijv. 1/10, 1/100, 1/1000) berekend. Daarbij werden onder andere doorbraken van de primaire keringen langs het hoofdwatersysteem gesimuleerd. Op basis van het potentieel overstroombaar gebied werden voor elke gebeurtenis de mogelijke negatieve gevolgen (o. a. economische schade, dodelijke slachtoffers) berekend.

Anders dan in Duitsland werd daarbij niet gekeken naar afzonderlijke watertrajecten, maar naar het volledige door een overstroming getroffen gebied. Daardoor verschillen ook de criteria voor wanneer een gebeurtenis als significant wordt beschouwd. In Nederland zijn



de gezondheid van de mens en economische schade als belangrijke criteria benoemd. Er wordt uitgegaan van een potentieel significant overstromingsrisico wanneer een gebeurtenis de volgende significantiegrenzen overschrijdt:

- één dodelijk slachtoffer of
- economische schade > 40 miljoen euro.

Zo bestaat bijvoorbeeld een potentieel significant overstromingsrisico voor gebieden die door primaire waterkeringen beschermd worden tegen overstromingen vanuit het hoofdwatersysteem. Voor deze waterkeringen gelden nationale normen. Ook overstromingen van gebieden die door regionale (secundaire) waterkeringen tegen overstroming worden beschermd en waarvoor provinciale normen gelden, worden als potentieel significant beschouwd. Daarnaast zijn er onbeschermd gebieden waarvoor een potentieel significant overstromingsrisico bestaat. Tot deze groep behoren ook regionale grensoverschrijdende wateren.

5.3 INACHTNEMING VAN KLIMAATVERANDERING

Op grond van artikel 14 ROR dient bij de toetsing van de voorlopige beoordeling van het overstromingsrisico rekening te worden gehouden met de effecten van de klimaatverandering.

Het vijfde klimaatrapport van het VN-klimaatpanel (IPCC 2014) laat er geen twijfel over bestaan dat het mondiale klimaatsysteem sinds het midden van de vorige eeuw is veranderd. Klimaatanalyses van de 'Deutscher Wetterdienst' tonen bijvoorbeeld ook voor Duitsland aan dat de gemiddelde jaartemperatuur (gemiddelde luchttemperatuur) sinds het begin van de afgelopen eeuw met ca. 1° C is gestegen. Deze bevinding is de duidelijkste aanwijzing voor klimaatverandering. In dezelfde periode is de gemiddelde jaarlijkse neerslag voor heel Duitsland met ca. 10 procent gestegen, al zijn daarbij wel duidelijke regionale verschillen te zien (DWD 2010).

De bevindingen van wetenschappelijk onderzoek op basis van verschillende klimaatscenario's tot eind 21e eeuw duiden op een verdere stijging van de temperaturen en de neerslaghoeveelheden. De klimaatprojecties zijn echter omgeven met grote onzekerheden, zodat betrouwbare kwantitatieve uitspraken op dit moment nog nauwelijks mogelijk zijn. Momenteel wordt uitgegaan van de volgende effecten:

- verdere toename van de gemiddelde luchttemperatuur,
- toenemende neerslag in de winter,
- afname van de neerslagfrequentie in de zomer,
- toename van intense neerslag, zowel qua frequentie als intensiteit,
- langere en meer frequente droogteperioden.

Hierbij wordt over het algemeen ook verwacht dat naast de langetermijnverandering van de gemiddelde situaties ook de frequentie en intensiteit van extremen – zowel voor temperatuur als neerslag – zullen toenemen.



Dit alles zal ook gevolgen hebben voor de hoogwaterafvoer en het overstromingsrisicobeheer. Als gevolg van veranderde afvoer- en neerslagpatronen zijn veranderingen in piekafvoeren en een toename van extreme waterstanden te verwachten. Hogere wereldwijde temperaturen leiden bovendien tot het afsmelten van de ijsmassa's op het land en een stijging van de zeespiegel. De gemiddelde zeespiegel langs de Noordzeekust stijgt sinds begin twintigste eeuw met gemiddeld ca. 1,5 – 1,9 mm per jaar. Dit tempo zal naar verwachting toenemen, met dienovereenkomstige gevolgen voor de kustbescherming.

Zowel in Duitsland als Nederland wordt intensief onderzoek gedaan om toekomstige ontwikkelingen beter te kunnen inschatten.

In Nederland heeft bijvoorbeeld het KNMI op basis van diverse studies vier verschillende klimaatscenario's voor Nederland ontwikkeld, die in het kader van het Delta-programma geïntegreerd zijn in de zogenaamde Deltascenario's. Het Delta-programma werkt aan een integrale strategie om Nederland voor te bereiden op de gevolgen van de klimaatverandering: hogere én lagere rivierafvoer, veranderingen in extreme neerslag, zeespiegelstijging, bodemdaling en verzilting. Het programma houdt ook rekening met sociaal-economische en ruimtelijke ontwikkelingen. De Deltascenario's bevatten kwantitatieve informatie over de effecten van de klimaatverandering op verschillende kenmerken van het hoofdwatersysteem en de regionale watersystemen. Ze bieden een samenvattend beeld van de toekomstige ontwikkelingen waarmee in Nederland rekening wordt gehouden bij het omgaan met overstromingsrisico's.

Duitsland heeft in 2008 op federaal niveau in overleg met de deelstaten de Duitse aanpassingsstrategie voor de klimaatverandering gepubliceerd (DAS, Bundesregierung 2008). Deze strategie wordt regelmatig geactualiseerd. Daarnaast hebben de deelstaten talrijke eigen activiteiten ontwikkeld en klimaataanpassingsstrategieën uitgewerkt die zijn afgestemd op hun specifieke situatie. Bijlage I van het LAWA-rapport 'Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft - Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen und strategische Handlungsfelder' (LAWA 2017b) bevat een desbetreffend link- en literatuuroverzicht. Het klimaatpreventie-portal (www.klivoportal.de) bundelt data en informatie van bond en deelstaten over de klimaatverandering en over diensten die de doelgerichte aanpassing aan de klimaatgevolgen ondersteunen.

6 COÖRDINATIE VAN DE VASTSTELLING VAN DE GEBIEDEN MET EEN POTENTIEEL SIGNIFICANT OVERSTROMINGSRISICO CONFORM ARTIKEL 5 ROR

Op grond van artikel 5 lid 1 ROR dienen op basis van de voorlopige beoordeling de gebieden te worden vastgesteld waarin een potentieel significant overstromingsrisico bestaat (risicogebieden). Daarnaast schrijft artikel 5 lid 2 ROR voor dat de vaststelling van de gebieden in internationale stroomgebiedsdistricten tussen de lidstaten moet worden gecoördineerd.

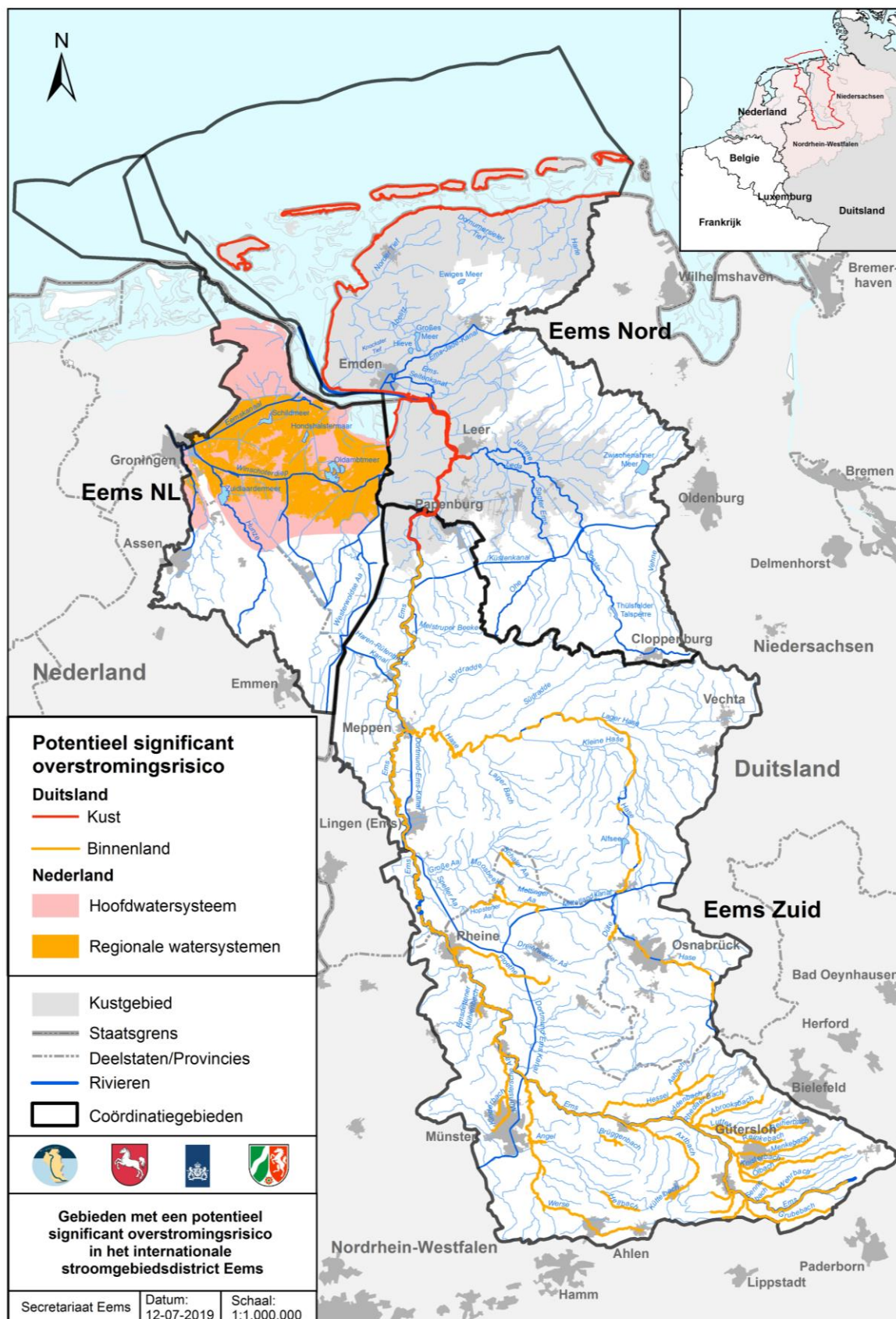


Onderhavig rapport en de overzichtskaart op bladzijde 23 zijn het resultaat van de Duits-Nederlandse informatie-uitwisseling en coördinatie bij de toetsing van de voorlopige beoordeling en de actualisering van de risicogebieden.

Bij de bilaterale afstemming tussen Duitsland en Nederland bij de aanwijzing van risicogebieden zijn de overgangs- en kustwateren in en rond het Eems-Dollard-estuarium als enig grensoverschrijdend risicogebied geïdentificeerd. In dit verband zullen beide landen een en ander blijven afstemmen bij de opstelling van de gevaar- en risicokaarten en de overstromingsrisicobeheerplannen.

Naast de internationale coördinatie heeft aan Duitse kant een bilaterale afstemming tussen de deelstaten Niedersachsen en Nordrhein-Westfalen plaatsgevonden. Deze had betrekking op de aanwijzing van riviertrajecten met een potentieel significant overstromingsrisico nabij de deelstaatsgrens.

Als volgende uitvoeringsstap van de ROR worden voor de aangewezen risicogebieden overstromingsgevaar en -risicokaarten opgesteld conform artikel 6 lid 1 ROR. Daarbij wordt de intensieve deelstaat- en landoverschrijdende uitwisseling in het SGD Eems voortgezet.



Figuur 6: Gebieden met een potentieel significant overstromingsrisico conform artikel 5 ROR



MEER INFORMATIE

Meer informatie over de aanpak door de lidstaten /deelstaten van de uitvoering van de ROR en de voorlopige beoordeling is te vinden op de onderstaande websites:

Tabel 4: Links naar meer informatie over de uitvoering van de ROR in het SDG Eems

Land / deelstaat	Link
Niedersachsen	www.hwrn-rl.niedersachsen.de
Nordrhein- Westfalen	www.flussgebiete.nrw.de > Rubrik „Hochwasserrisiken gemeinsam meistern“
Duitsland	https://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/binnengewasser/hochwasservorsorge/
Nederland	https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/eu-richtlijn/



LITERATUURLIJST

- BGR (2016): Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Bodenatlas Deutschland. Böden in thematischen Karten.
- BSH (2019): Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. Sturmfluten – Berichte zu Sturmfluten und extremen Wasserständen. Online beschikbaar op: https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Wasserstand_und_Gezeiten/Sturmfluten/sturmfluten_node.html (geraadpleegd op 20-02-2019)
- Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel.
- Deltares (2018): Overstromingsrisico's door intense neerslag ten behoeve van de voorlopige risicobeoordeling in het kader van de EU-Richtlijn Overstromingsrisico's.
- DWD (2010): Deutscher Wetterdienst. Pressekonferenz des Deutschen Wetterdienstes zum Klimawandel in Deutschland vom 27.04.2010. Online beschikbaar op: www.dwd.de/pressekonferenzen
- FGG Ems (2005): Flussgebietsgemeinschaft Ems (Hrsg.). B-Berichte des deutschen Anteils der Flussgebietseinheit Ems zur Bestandsaufnahme 2005.
- FGG Ems (2013): Flussgebietsgemeinschaft Ems (Hrsg.). Bestimmung der potenziell signifikanten Hochwasserrisikogebiete in der internationalen Flussgebietseinheit Ems. Erläuterungen zur Übersichtskarte. Meppen.
- Groth, Wilhelm (1948): Das Februarhochwasser 1946 in Nordwestdeutschland – Bericht der Referatsgruppe Wasserwirtschaft des niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Hannover, in Neues Archiv für Landes- und Volkskunde von Niedersachsen, Heft 4
- IPCC (2014): Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2014 Synthesis Report. Online beschikbaar op: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf (geraadpleegd op 08-03-2019)
- Kreis Warendorf (2019): Land unter – Hochwasserschutz in Ahlen. Online beschikbaar op: https://www.parklandschaft-warendorf.de/fileadmin/tourismus/13_Hochwasserschutz.pdf (geraadpleegd op 25-02-2019)
- LAWA (2009): Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser. Vorgehensweise bei der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos nach HWRM-RL. Online beschikbaar op: <https://www.wasserblick.net/servlet/is/142658/Signifikanzkriterien50209.pdf?command=downloadContent&filename=Signifikanzkriterien50209.pdf> (abgerufen am 05.03.2019)
- LAWA (2017a): Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser. Empfehlungen für die Überprüfung der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos und der Risikogebiete nach EU-HWRM-RL. Online verfügbar unter:



https://www.lawa.de/documents/00_lawa_empfehlungen_vorl_bewertung_hw_risiko_1552299182.pdf (abgerufen am 05.03.2019)

LAWA (2017b): Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser. Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft - Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen und strategische Handlungsfelder. Online beschikbaar op:
http://www.lawa.de/documents/LAWA_Auswirkungen_des_Klimawandels_auf_die_Wasserwirtschaft_c0b.pdf (geraadpleegd op 05-03-2019)

Ministerie van IenW (2018): Ministerie Infrastructuur en Waterstaat. Overstromingsrisico's in Nederland. Voorlopige overstromingsrisicobeoordeling en aanwijzing van gebieden met potentieel significant overstromingsrisico in het kader van de Europese Richtlijn Overstromingsrisico's (ROR) 2e cyclus: 2016 – 2021

MKULNV (2011): Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Bericht zur vorläufigen Bewertung nach der EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (EG-HWMR-RL) in NRW. Online beschikbaar op: <https://www.flussgebiete.nrw.de/ergebnisse-der-vorlaeufigen-bewertung-im-ersten-zyklus-7997> (geraadpleegd op 08-03-2019)

MULNV (2018): Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Hochwasserrisikomanagementplanung in NRW - Überprüfung und Aktualisierung der vorläufigen Risikobewertung im 2. Zyklus der EU-HWRM-RL sowie Aktualisierung der Risikogewässer. Online beschikbaar op: https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/hwrm_nrw_vorlaeufige_bewertung_final_0.pdf (geraadpleegd op 08-03-2019)

NLWKN (2004): Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch 2001 – Weser- und Emsgebiet

NLWKN (2017): Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Rückblick auf ausgewählte Sturmfluten. Online beschikbaar op: https://www.nlwkn.niedersachsen.de/hochwasser_kuestenschutz/kuestenschutz/rueckblick_auf_sturmfluten (geraadpleegd op 20-02-2019)

NLWKN (2018): Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch 2015 – Weser- und Emsgebiet

NLWKN (2019a): Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. NLWKN Pegelonline. Online beschikbaar op: <https://www.pegelonline.nlwkn.niedersachsen.de/Start> (geraadpleegd op 20-02-2019)

NLWKN (2019b): Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Abflusswerte Pegel Bokeloh und Wasserstände Pegel Bensorsiel (niet gepubliceerd)

NLWKN (2019c): Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Berechnung der Hochwasserstatistik (HQ20, HQ100, HQextrem) für die Pegel Versen Wehrdurchstich, Rheine Unterschleuse und Bokeloh (niet gepubliceerd)



Rhode, Hans (1977): Sturmfluthöhen und säkularer Wasserstandsanstieg an der deutschen Nordseeküste, Die Küste, Band 30, Seiten 52-143. Online beschikbaar op: <https://izw.baw.de/die-kueste/0/k030104.pdf> (geraadpleegd op 20-02-2019)

RWS CIV (2013): Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening. Kenmerkende waarden voor waterstanden in het getijgebied per 2011

Stadtarchiv Leer (2018): Informationen zur Weihnachtsflut 1717

U.S. Geological Survey (USGS) (2000): Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Online beschikbaar op: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/> (geraadpleegd op 04-12-2014).

WSV u. BfG (2018): Wasser- und Schifffahrtsverwaltung und Bundesanstalt für Gewässerkunde. Abflusswerte Pegel Versen Wehrdurchstich und Rheine Unterschleuse (niet gepubliceerd)