

## Bijlage 1

# FACT SHEET

## Inventarisatie van de laagwateromstandigheden in de Rijn

Laagwater hoort bij het natuurlijke afvoergedrag van rivieren, maar kan ecologische en economische problemen veroorzaken. Terwijl hoogwatergebeurtenissen snel ontstaan en in een mum van tijd grote schade kunnen aanrichten, komen laagwaterfases over een langere periode tot ontwikkeling en lijken aanvankelijk niet zo spectaculair. Echter, zeker als laagwater lang aanhoudt, kunnen bijvoorbeeld restricties in de scheepvaart en reducties in de stroomproductie financiële verliezen berokkenen. Ook de watervoorziening en de landbouw ondervinden gevolgen. Daarnaast kan de verkleining van leefgebieden negatief uitpakken voor aquatische levensgemeenschappen, in het bijzonder als laagwater samenvalt met hoge watertemperaturen en lage zuurstofgehalten in het water, zoals tijdens de extreme zomer van 2003. Klimaatverandering kan het ontstaan en de omvang van laagwatergebeurtenissen doen veranderen.

De Rijnsoeverstaten zijn op basis van de inventarisatie in de ICBR gekomen tot een gedeeld begrip van laagwatersituaties en de grensoverschrijdende effecten van laagwater. De bestaande kennis over laagwaterperiodes in het Rijngebied is samengevoegd en er is een analyse uitgevoerd van de hydrologische meetgegevens die sinds het begin van de vorige eeuw zijn verzameld.

### Onderzoek naar de hydrologische omstandigheden

Het onderzochte gebied strekt zich uit van het meetpunt Diepoldsau op de Alpenrijn bovenstrooms van het Bodensee tot het meetpunt Lobith in Nederland (zie figuur 1); de meetpunten daartussen laten in toenemende mate de invloed van de grotere zijrivieren van de Rijn zien. In figuur 1 is naast de meetpunten de verandering van de langjarig gemiddelde laagwaterafvoer over zeven opeenvolgende dagen (MNM7Q) weergegeven. De laagwaterafvoer uit het (Voor-)Alpengebied, die op het meetpunt Bazel 527 m<sup>3</sup>/s bedraagt, maakt op het meetpunt Mainz nog twee derde uit van de laagwaterafvoer van 850 m<sup>3</sup>/s en op het meetpunt Lobith in Nederland altijd nog ongeveer de helft van de daar gemeten 1.095 m<sup>3</sup>/s. Het leeuwendeel van de gemiddelde laagwaterafvoer komt dus uit het (Voor-)Alpengebied. Hier zijn de afvoeren in de zomer hoog en in het winterhalfjaar lager, omdat water in de vorm van sneeuw wordt vastgehouden. Daarbij komt nog het buffereffect van de grote meren aan de voet van de Alpen. De watertoevoer vanuit de grote zijrivieren verhoogt de laagwaterparameters gemiddeld met 12% (Neckar) tot 18% (Main en Moezel). Geprononceerde laagwatersituaties ontstaan in de Rijn veelal vanaf september/oktober na periodes met dalende afvoeren uit het (Voor-)Alpengebied en in droge of zeer koude winters.

Onderzocht werden niet alleen de ontwikkelingen in de laagwaterafvoer in de loop van de Rijn, maar ook de laagwaterduur als het aantal aaneengesloten dagen waarop bepaalde drempelwaarden zijn overschreden. Er zijn verschillende statistische analyses losgelaten op de langjarige tijdreeksen om trends te bepalen. Teneinde op verschillende locaties in de loop van de Rijn over vergelijkbare laagwaterparameters te beschikken, zijn de laagwaterwaarden onderworpen aan een extreme waardenanalyse, zodat er drempelwaarden ten aanzien van de kans van optreden konden worden afgeleid voor de referentieperiode 1961-2010. Hierdoor kunnen er ondanks verschillen in de afvoer direct vergelijkbare classificaties voor de gehele Rijn worden verkregen.



## Vaststelling van de meetpunten voor onderzoek

### Laagwaterafvoer op meetpunten aan de Rijn: ●

(1961-2011)

Lobith	1.095 m <sup>3</sup> /s
Keulen	1.028 m <sup>3</sup> /s
Andernach	998 m <sup>3</sup> /s
Kaub	851 m <sup>3</sup> /s
Mainz	850 m <sup>3</sup> /s
Worms	720 m <sup>3</sup> /s
Maxau	645 m <sup>3</sup> /s
Bazel	527 m <sup>3</sup> /s
Rekingen	238 m <sup>3</sup> /s
Diepoldsau	92 m <sup>3</sup> /s

Figuur 1: Ligging van de onderzochte meetpunten aan de Rijn inclusief langjarig gemiddelde laagwaterafvoer over zeven opeenvolgende dagen (MNM7Q) (gewijzigd op basis van Bundesanstalt für Gewässerkunde - BfG)

De analyse van historische afvoerreeksen heeft aangetoond dat de Rijn in de eerste helft van de vorige eeuw te maken had met laagwatergebeurtenissen die duidelijk intensiever waren, lagere afvoeren hadden en langer aanhielden dan de laatste vijftig jaar. Voor de gehele periode van 1901 tot 2010 kan er een significant stijgende trend worden waargenomen in de laagwaterafvoeren in de Rijn van Diepoldsau tot Andernach. Deze trend kan voornamelijk worden toegeschreven aan de **invloed van het beheer van waterreservoirs in het Alpengebied**. Ook de stijgende tendens in de jaarlijkse neerslag die het Rijnstroomgebied in de twintigste eeuw liet zien, kan hierin een rol spelen. In de periode van 1961 tot 2010 kunnen er geen trends worden ontdekt in de laagwaterafvoeren. De huidige perceptie van laagwatergebeurtenissen wordt enerzijds bepaald door de lange afwezigheid van belangrijke laagwaters en anderzijds door de grotere gevolgen voor gebruikers.

### Invloeden op laagwater

De laagwateromstandigheden in de Rijn worden beïnvloed door de onttrekking en aanvoer van water evenals het beheer van waterreservoirs. Belangrijke wateromleidingen vinden plaats vanuit het Inngebied naar het Rijngebied (7,8 m<sup>3</sup>/s) en vanuit het Donaugebied naar het Main-/Rijngebied (tot 16 m<sup>3</sup>/s). Daarentegen wordt er vanuit het Rijngebied ongeveer 2 m<sup>3</sup>/s afgevoerd naar het Ticinogebied en ongeveer 3 m<sup>3</sup>/s naar het Rhônegebied. Aan de noordelijke Duits-Franse Bovenrijn wordt er direct water onttrokken uit de Rijn: tot 1,5 m<sup>3</sup>/s voor grondwaterinfiltratie en tijdens kortstondige piekperiodes tot 5 m<sup>3</sup>/s voor de irrigatie en beregening van landbouwgewassen. Over het geheel genomen is de balans voor de Rijn positief en wint de Rijn aan afvoer dankzij de bovengenoemde maatregelen. Een nog grotere positieve invloed op het laagwater in de Rijn heeft het beheer van waterreservoirs ten behoeve van de opwekking van energie in de (Voor-)Alpen. Hier wordt ruim 1,8 miljard m<sup>3</sup> opslagruimte gebruikt om water dat in de zomer beschikbaar is vast te houden en tijdens de winter, de dominante laagwaterperiode voor de Rijn, af te geven om energie te produceren. De laagwaterafvoeren van de Rijn worden hierdoor in de winter met ongeveer **100 à 120 m<sup>3</sup>/s verhoogd (dit komt overeen met 10 à**

**20% van de langjarig gemiddelde laagwaterafvoer MNM7Q).** Over het geheel genomen overwegen de positieve invloeden op het laagwaterafvoerregime van de Rijn.

### **Gevolgen van laagwater**

Laagwater heeft directe gevolgen voor de waterkwaliteit en de ecologie. Effecten op de gebruiksfuncties doen zich voor op het gebied van scheepvaart, energieproductie, industrie, landbouw, toerisme en recreatie alsmede veiligheid van infrastructuurvoorzieningen.

In de hoofdstroom van de Rijn zijn er geen ernstige, lang aanhoudende, negatieve effecten op de waterkwaliteit waargenomen tijdens laagwatergebeurtenissen. Dit is hoofdzakelijk te danken aan de enorme inspanningen die de afgelopen decennia in de afvalwaterzuivering zijn gedaan. Ecologische problemen treden voornamelijk op als laagwatergebeurtenissen zich in de zomer voordoen en gepaard gaan met verhoogde watertemperaturen en bijgevolg lage zuurstofgehaltenes (vis- en schelpdiersterfte in 2003 in onder meer de Middenrijn).

Voor de binnenvaart en de personen en bedrijfstakken die hiervan afhankelijk zijn heeft laagwater grensoverschrijdende gevolgen, die nadelig zijn voor de economie en leiden tot knelpunten in de voorziening met energieproducten en grondstoffen. In de watervoorziening in Nederland treedt bij laagwater verzilting van het oppervlaktewater als gevolg van zoutindringing vanuit zee op. Dit kan leiden tot stopzetting van de drinkwaterinname en beperking van de waterinname voor landbouwgebruik. De energiesector wordt enerzijds getroffen door een afname van de productie in waterkrachtcentrales en anderzijds door restricties bij de inname of lozing van koelwater. Hierdoor kunnen ook industriebedrijven en MKB's onder druk komen te staan. In Nederland kunnen bij laagwater lokaal problemen met instabiele veenkades ontstaan.

### **Mogelijke toekomstige effecten van klimaatverandering**

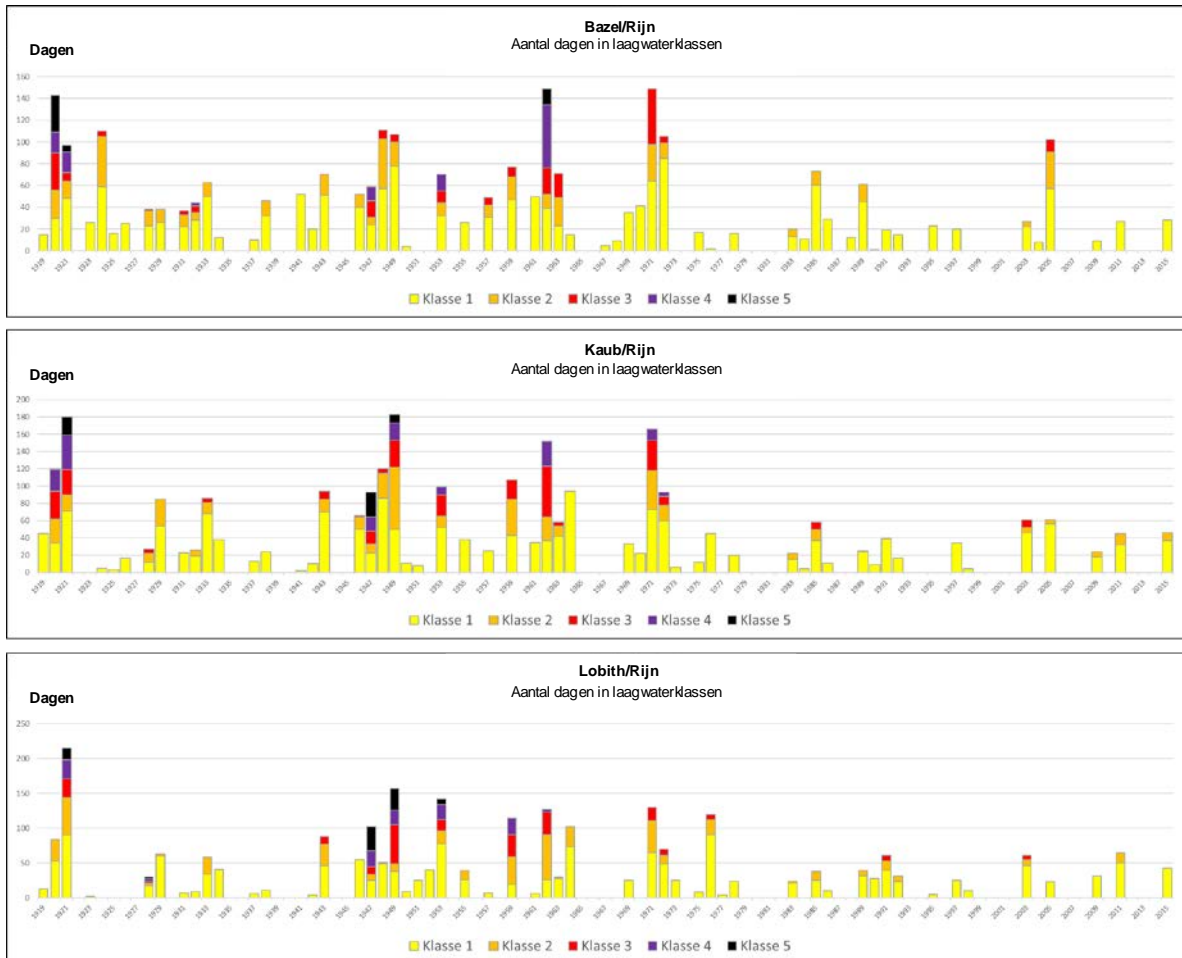
Klimaatverandering brengt veranderingen teweeg in laagwaterafvoeren. In de bekeken afvoerprojecties voor de periode 2021-2050 reikt de bandbreedte voor de Rijn van - 10% tot + 10%, hetgeen geen uitsluitel geeft over de ontwikkeling. In de verre toekomst (2071-2100) laten de afvoerprojecties voor het hydrologische zomerhalfjaar steeds duidelijke afnames in de laagwaterafvoeren zien.

In een pessimistisch scenario voor de periode 2021-2050 wordt de daling in de laagwaterafvoeren steeds groter naarmate de herhalingstijd langer wordt (daling van 7 tot 14% voor een laagwaterafvoer die eens in de twee tot vijftig jaar voorkomt). Met de afname in de afvoer gaat een duidelijke toename van de laagwaterduur gepaard. Laagwatergebeurtenissen in het zomerhalfjaar zouden in de toekomst, in het bijzonder gelet op hun ecologische effecten, steeds belangrijker kunnen worden voor de Rijn. Bij lage afvoeren kunnen de watertemperaturen in de zomer sterker stijgen. Voorbeelden hiervan zijn de laagwatergebeurtenissen van 2003 en 2006. Onderzoek van de ICBR heeft uitgewezen dat er rekening moet worden gehouden met een stijging van de Rijnwatertemperatuur in de zomer, die in de nabije toekomst 1,5 °C zal bedragen en in de verre toekomst meer dan 3 °C. Dit zal in het bijzonder bij lage afvoeren een toename betekenen van het aantal dagen waarop de watertemperatuur van de Rijn hoger is dan 25 °C (ecologisch kritische drempelwaarde).

### **Monitoring van de laagwateromstandigheden**

Op basis van de uitgebreide analyse van historische afvoerreeksen zijn er in overleg met de Internationale Commissies ter Bescherming van de Moezel en de Saar (IKSMS) **drempelwaarden voor de classificatie van de laagwatersituatie in de Rijn afgeleid, waarbij er vijf intensiteitsniveaus worden gehanteerd, van "normaal" tot "extreem zeldzaam laagwater"**. Deze classificatie is toegepast op de historische afvoerreeksen en blijkt geschikt te zijn, aangezien ze een onderscheidende classificatie van laagwatergebeurtenissen oplevert (zie figuur 2).

Uitgaande van de bovengenoemde onderzoeksresultaten heeft de ICBR besloten om een laagwatermonitoring op te zetten.



Figuur 2: Jaarlijks aantal laagwaterdagen van “normaal laagwater” (klasse 1) tot “extreem zeldzaam laagwater” (klasse 5) op de meetpunten aan de Rijn in Bazel, Kaub en Lobith in de periode 1919-2015