



Rapport over de laagwater- en droogtegebeurtenis in 2022

Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn

Rapport Nr. 299

Disclaimer: uitsluiting van aansprakelijkheid in verband met toegankelijkheid

De ICBR streeft ernaar haar documenten zo toegankelijk mogelijk te maken. Om redenen van efficiëntie is het niet altijd mogelijk om alle documenten in de verschillende talenversies volledig toegankelijk beschikbaar te stellen (bijvoorbeeld met alternatieve teksten voor alle afbeeldingen of in begrijpelijke taal). Het onderhavige rapport bevat mogelijk figuren en tabellen. Voor nadere toelichtingen kunt u contact opnemen met het secretariaat van de ICBR via het telefoonnummer 0049261-94252-0 of per e-mail via sekretariat@iksr.de.

Colofon

Uitgegeven door de:

Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR)
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, 56068 Koblenz, Duitsland
Postbus: 20 02 53, 56002 Koblenz, Duitsland
Telefoon: +49-(0)261-94252-0
Fax: +49-(0)261-94252-52
E-mail: sekretariat@iksr.de
www.iksr.org

INHOUDSOPGAVE:

Samenvatting

1 Meteorologische ontwikkeling

2 Hydrologische ontwikkeling

3 Effecten op de waterkwaliteit en de ecologie

4 Bijzondere gevolgen (beperkingen van gebruiksfuncties, schade, voorvallen) en genomen maatregelen

5 Vooruitblik

Bijlage I - Retrospectieve monitoring inclusief 2022

Bijlage II - Bibliografie/referenties

Lijst van afkortingen

ASG II	Project "Afvoeraandelen uit smeltende sneeuw en gletsjers" van de CHR
BAFU	Bundesamt für Umwelt (Milieudienst, Zwitserland)
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde (Dienst voor hydrologie, Duitsland)
CCR	Centrale Commissie voor de Rijnvaart
CHR	Internationale Commissie voor de Hydrologie van het Rijngebied
CIS	Common Implementation Strategy (voor EU-richtlijnen)
DWD	Deutscher Wetterdienst (Duitse meteorologische dienst)
EDO	European Drought Observatory van het GCO (Europees waarnemingscentrum voor droogte)
GCO	Gemeenschappelijk Centrum voor onderzoek van de EU (Joint Research Center – JRC)
HJ	Hydrologisch jaar
IGKB	Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (Internationale Commissie ter Bescherming van het Bodenmeer)
IKSMS	Internationale Kommissionen zum Schutz von Mosel und Saar (Internationale Commissies ter Bescherming van de Moezel en de Saar)
INGO	Intensivierten Gewässerüberwachung (geïntensiveerde watermonitoring)
maxD	Maximale duur van een aaneengesloten periode waarin de drempelwaarde NM7Q is onderschreden
MNM7Q	Langjarig gemiddelde van de NM7Q's
MNW	Waterstand onder de gemiddelde laagwaterparameter
MNQ	Gemiddelde laagwaterafvoer
MQ	Afvoergemiddelde over het gehele afvoerjaar
NIWIS	Niedrigwasser-Informationssystem (laagwaterinformatiesysteem, Duitsland)
NIZ	Niedrigwasser-Informationszentrum (laagwaterinformatiecentrum, Duitsland)
NM7Q	Kleinste afvoergemiddelde over zeven opeenvolgende dagen in een referentiejaar
NQ	Laagste afvoer in overeenkomstige tijdspannes van een bekeken periode
PAK's	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen
Q	Afvoer
SES	Project "Socio-economische scenario's" van de CHR
SoMQ	Seizoensgerelateerd afvoergemiddelde over het hydrologische zomerhalfjaar
SWI	Bodemwater index (Soil Water Index)
WG H	ICBR-werkgroep Hoog- en laagwater
WiMQ	Seizoensgerelateerd afvoergemiddelde over het hydrologische winterhalfjaar
WSA	Wasser- und Schifffahrtsamt (Water- en Scheepvaartdienst, Duitsland)
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (Waterweg- en Scheepvaartadministratie, Duitsland)

Rapport over de laagwater- en droogtegebeurtenis in 2022

Samenvatting

Slechts vier jaar na de extreme gebeurtenis in 2018 deed zich in 2022 opnieuw een duidelijke laagwatersituatie voor in het Rijnstroomgebied. Deze werd grotendeels veroorzaakt door geringe neerslag in het voorjaar en de zomer in combinatie met bovengemiddelde luchttemperaturen. Dit werd voorafgegaan door een milde winter met weinig neerslag in 2021/2022.

Van maart tot en met augustus 2022 (met een onderbreking in april) leidde dit tot lage en zeer lage afvoeren in bijna het gehele Rijnstroomgebied. Lokale neerslaggebeurtenissen brachten in deze periode slechts kortstondig verlichting. In de door smeltwater gevoede rivieren in de Zwitserse stroomgebieden vlak onder de gletsjers gold het tegendeel. Zij kregen tijdens de zomermaanden op grote schaal te maken met uitzonderlijk hoogwater vanwege het extreme smelten van gletsjers. Dit was echter lokaal en kon het neerslagtekort verder stroomafwaarts niet compenseren.

Langs de Rijn bereikte de laagwatergebeurtenis zijn piek in augustus. De intensiteit ervan nam daarbij van zuid naar noord toe: voor de laagwaterafvoeren werden tot Bazel NM7Q-herhalingstijden van 2 tot 5 jaar genoteerd, die stroomafwaarts geleidelijk stegen tot uiterst zelden geregistreerde waarden van 50 tot 100 jaar (meetpunt Lobith). Wat duur betreft, was de bovengenoemde kloof tussen noord en zuid minder sterk en schommelde tussen de categorie "minder frequent" (bijv. meetpunt Bazel, herhalingstijd 2-5 jaar) en "zeer zeldzaam" (bijv. Keulen, 20-50 jaar). In het najaar verbeterde de situatie dankzij overvloedige neerslag.

Samen met de lage stand van het oppervlaktewater in de zomer van 2022 was er ook in de waterhuishouding van de omgeving in het Rijnstroomgebied op grote schaal sprake van een aanzienlijke droogte. De daarmee gepaard gaande lage wateraanvoer had tal van negatieve gevolgen. Een deel van de bovenlopen van oppervlaktewateren viel droog. Hier en daar werden ook geheel drooggevallen beken gemeld, waarbij er lokaal vissterfte optrad. In het Bodenmeer leidden de uitzonderlijk lage waterstanden ertoe dat ondiepe zones slechts weinig water hadden of droogvielen. Naast deze ecologische schade was er ook sprake van verminderde economische activiteit.

Een jaar later, in 2023, kreeg het Rijnstroomgebied te maken met nog een periode van laagwater en droogte, zij het in mindere mate.

1 Meteorologische ontwikkeling

Na een droog en zonnig eerste halfjaar (volgens evaluaties van de Duitse meteorologische dienst DWD (2023)¹ was 2022 met 2024,1 uren zonneshijn het zonnigste jaar in Duitsland sinds het begin van de regelmatige metingen in 1951) ontstond er in 2022 een uitgesproken zomerse laagwaterperiode in het Rijnstroomgebied.

Naast de intensiteit van de overwegend door grondwater gedomineerde basisafvoer zijn verschillende hydrometeorologische factoren van invloed op het ontstaan van laagwater. Naast neerslag gaat het hierbij ook om temperatuur, die de evapotranspiratie regelt. Figuur 1 toont de jaarlijkse variatie in neerslag en temperatuur voor het Rijnstroomgebied, dat is onderverdeeld in drie grote deelstroomgebieden. Er wordt daarbij niet alleen gekeken naar het laagwaterjaar 2022, dat betrekking heeft op de periode van begin april 2022 tot eind maart 2023, maar ook naar het voorafgaande winterhalfjaar. Reden voor deze uitbreiding is dat laagwater in de regel niet plotseling ontstaat, maar het resultaat is van een geleidelijke ontwikkeling², waarbij de voorgaande maanden een belangrijke rol kunnen spelen.

De cumulatieve gebiedsneerslagsommen laten een neerslagtekort zien over de gehele verlengde waarnemingsperiode (met enkele uitzonderingen in de Rijndelta). De neerslag lag dus al vanaf het najaar van 2021 onder het gemiddelde en bleef vervolgens gedurende heel 2022 ondergemiddeld. Dit tekort was groter in het zuiden van het stroomgebied dan in het noorden en valt samen met overwegend negatieve neerslaganomalieën per maand in dat jaar. Dit betekent dat de neerslagsommen per maand zelden het niveau bereikten van de langjarige maandgemiddelden voor de referentieperiode 1981-2010. Dit was vooral merkbaar in de Alpen- en Voor-Alpenregio van het Rijnstroomgebied tot aan Bazel. Aan het einde van het hydrologische jaar 2022 werd hier een gebiedsgemiddeld cumulatief neerslagtekort van 442 mm gemeten. Dat is slechts ongeveer 77% van de gemiddelde verwachte waarde. Naar het noorden toe nam dit tekort geleidelijk af; in de Rijndelta bedroeg de cumulatieve jaarlijkse neerslag altijd nog 86% van het langjarige gemiddelde.

De gebiedsgemiddelden van de luchttemperatuur aan de grond vertoonden overwegend positieve anomalieën, want de maandgemiddelden waren veelal bovengemiddeld warm. Dat had onder meer tot gevolg dat er zich in de zachte winter van 2021/2022 in het hele stroomgebied geen grotere sneeuwreserves konden vormen. Dit geldt met name voor de doorgaans sneeuwrijke Alpen. Het extreme smelten van gletsjers, dat in de zomer van 2022 werd waargenomen, had gevolgen voor kleinere rivieren, maar kon het neerslagtekort en het gebrek aan sneeuw niet op grote schaal compenseren³.

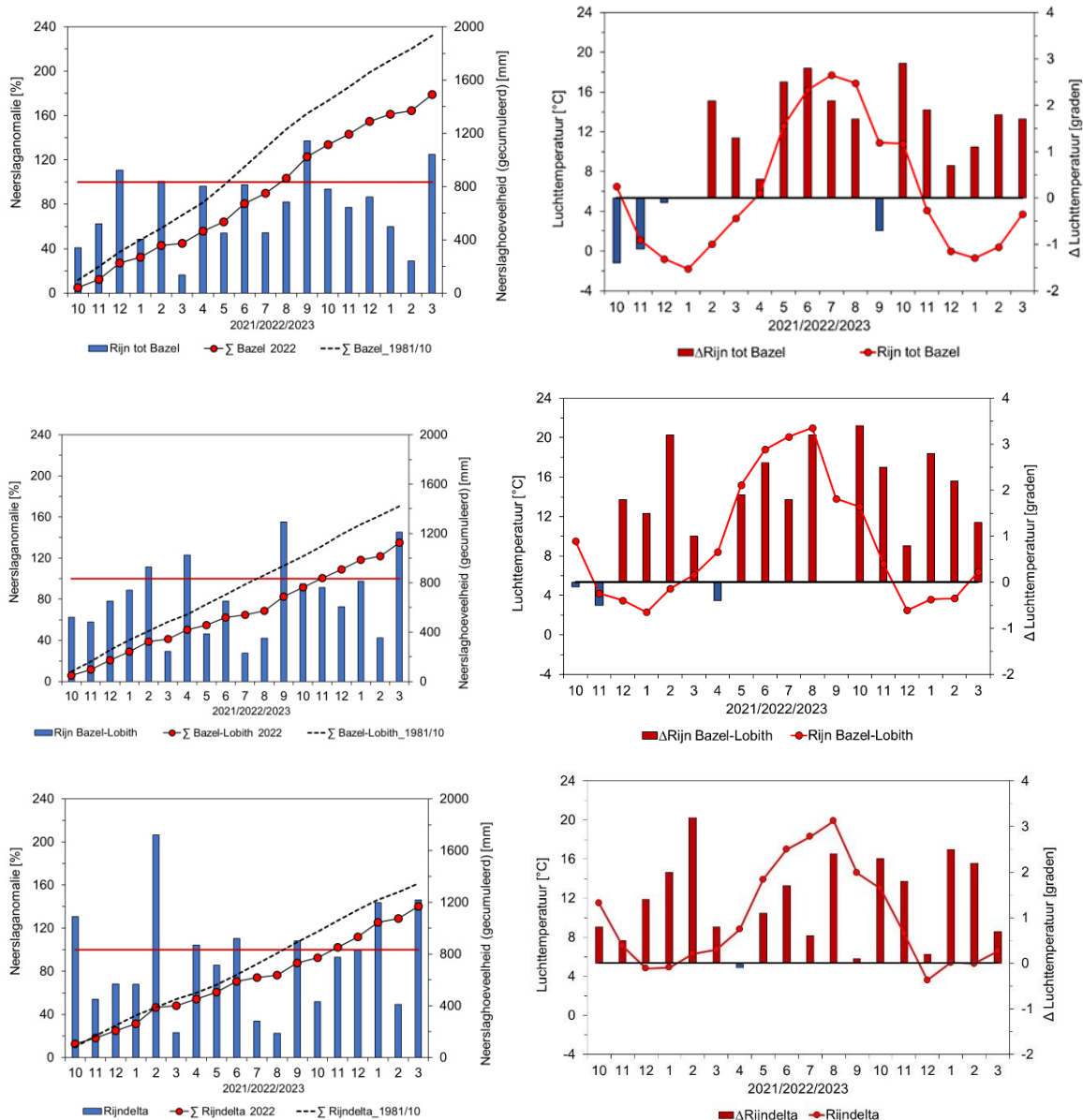
Het in één gebied en één periode samenvallen van ondergemiddelde neerslag en bovengemiddelde temperaturen (en daarmee gepaard gaande verhoogde verdamping) resulteerde in overwegend droge omstandigheden. De maandkaarten van de SWI⁴-anomalieën van de bodemvochtverzadiging in Midden-Europa (zie Figuur 2) voor de bodemlaag van 0-100 cm illustreren dit: na een februari met veel neerslag in grote delen van het stroomgebied lag de bodemvochtigheid in het Rijnstroomgebied veelal boven het gemiddelde. In de zeer droge maand maart (de zonnigste maart sinds 1890) kwam daar weer verandering in. In de lente- en zomermaanden laten de kaarten overwegend negatieve afwijkingen in de SWI-waarden zien, met als hoogtepunt een droge en hete augustus. De bovengemiddelde neerslag in september in het hele gebied (met name in het zuiden van het Rijngebied) maakte tijdelijk een einde aan de droogte.

¹ DWD / Duitse meteorologische dienst (2023): Die Sonne machte 2022 Überstunden – Endbilanz (De zon maakte overuren in 2022 – Eindbalans). https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2023/1/14.html, geraadpleegd op 24 juli 2024)

² Uitzondering: strenge vorst

³ BAFU / Bundesamt für Umwelt CH (2023) Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2022. Bern

⁴ Soil Water Index

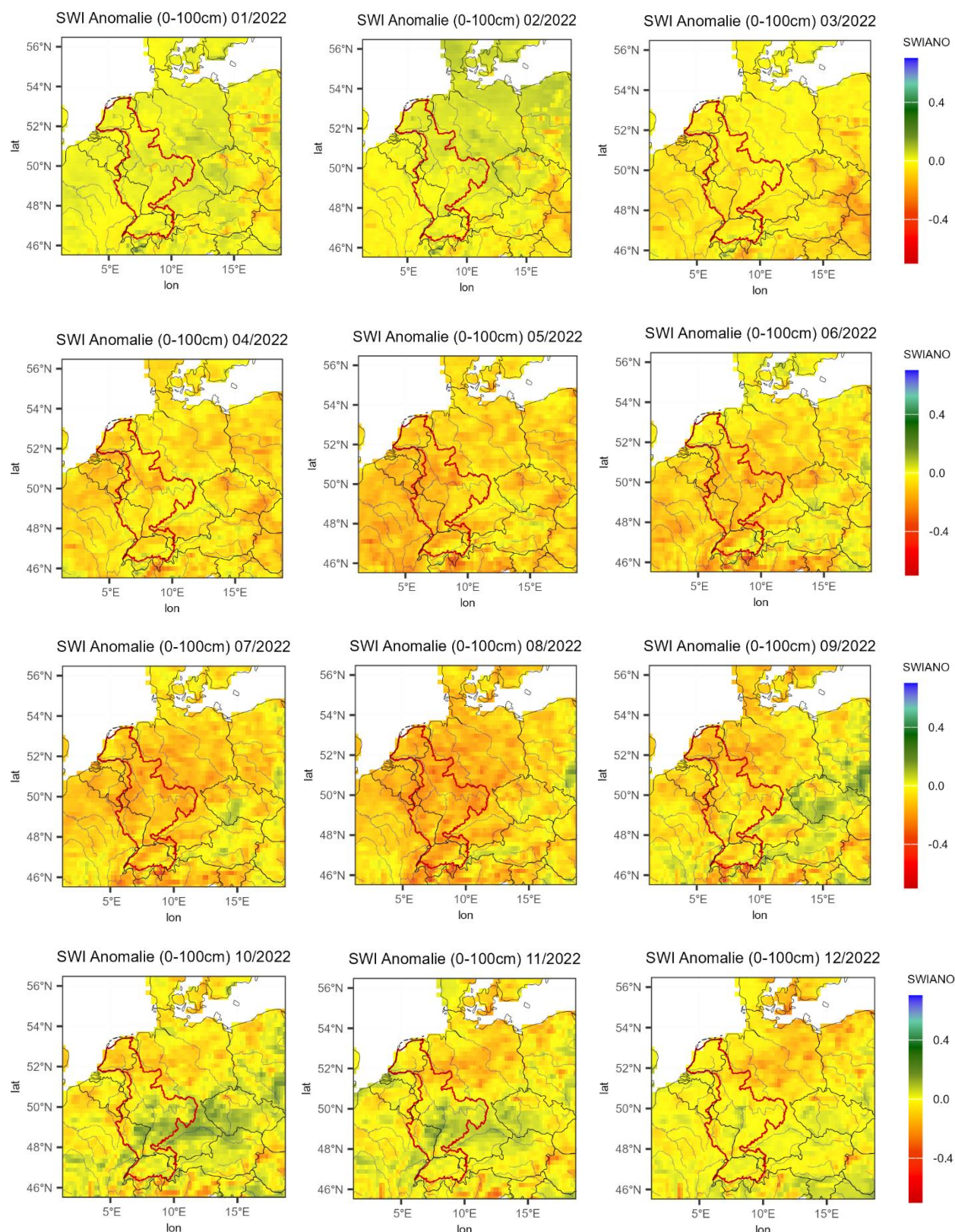


Figuur 1:

Links: Gebiedsgemiddelde van de hoeveelheid neerslag voor het deelstroomgebied van de Rijn tot aan het meetpunt Bazel (boven), voor het deelstroomgebied tussen Bazel en Lobith (midden) en het deelstroomgebied benedenstrooms van Lobith (onder) voor het uitgebreide hydrologische jaar 2022 (okt. 2021 t/m maart 2023) als relatieve maandelijkse afwijkingen van de langjarige maandgemiddelden (1981 t/m 2010). Ook zijn de opgetelde maandsommen en de langjarig gemiddelde maandsommen voor de bovengenoemde perioden aangegeven.

Rechts: Gebiedsgemiddelde van de luchttemperatuur aan de grond voor het deelstroomgebied van de Rijn tot aan het meetpunt Bazel (boven), voor het deelstroomgebied tussen Bazel en Lobith (midden) en het deelstroomgebied benedenstrooms van Lobith (onder) voor het uitgebreide hydrologische jaar 2022 (okt. 2021 t/m maart 2023) als maandgemiddelden en maandelijkse afwijkingen (Δ) van de langjarige maandgemiddelden (1981 t/m 2010).

(Gegevensbron stationgegevens: meteorologische diensten van de Rijnoverstaten; gegevensevaluatie: BfG, afdeling M2)



Figuur 2: Ruimtelijke verdeling van maandelijkse anomalieën in de bodemvochtverzadiging in Midden-Europa voor de bodemlaag 0-100 cm in 2022 (het Rijngebied is rood omrand). Hier weergegeven is het verschil tussen de maandgemiddelde waarden van de bodemverzadigingsindex (SWI) en het langjarige maandgemiddelde van de tijdreeks 2012-2024. Een negatieve waarde betekent een bovengemiddeld droge bodem, een positieve waarde een bovengemiddeld natte bodem.

(Gegevensbron: EUMETSAT H SAF-product H14; analyse BfG, afdeling M2)

Dit betekende dat er in 2022 in grote delen van het Rijngebied sprake was van droogte. Dat wil zeggen dat er gedurende een langere periode minder water beschikbaar was in de waterhuishouding van de omgeving dan noodzakelijk. Zoals Figuur 2 laat zien, duurde dit meer dan zes maanden. Volgens de indeling van de DWD (2024)⁵ ging het hier dus niet meer om een minder ernstige gebeurtenis (zoals meteorologische droogte of landbouwdroogte), maar om een extremer geval van zogeheten hydrologische droogte. Hieronder wordt verstaan een duur van minstens vier maanden, gepaard gaande met (negatieve) gevolgen voor de stand van grond- en oppervlaktewater.

2 Hydrologische ontwikkeling

2.1 Grondwater

Ook de grondwateromstandigheden van 2022 werden beïnvloed door de verminderde wateraanvoer. Waar de grondwaterstanden bijvoorbeeld in het middelste deel van de Duits-Franse Bovenrijn vanaf september 2021 tot in de winter deels nog boven het gemiddelde lagen, liepen ze na de veelal droge wintermaanden vanaf maart 2022 al weer terug. Deze dalende trend zette zich de daaropvolgende maanden voort, waardoor de grondwaterstanden al aan het eind van de zomer historisch laag waren. De natte septembermaand zorgde voor vroegtijdige stijgingen die aanhielden tot het einde van het jaar. Eind december 2022 lagen de grondwateromstandigheden voor het merendeel weer iets boven het gemiddelde of op de ondergrens van het normale bereik.

2.2 Oppervlaktewater

In overeenstemming met de hydrometeorologische omstandigheden ontwikkelde het afvoerjaar 2022 zich voor de Rijn tot een laagwaterjaar in het hele gebied. Over het hele jaar bekeken bereikte de afvoer bij de meetpunten aan de Rijn slechts minder dan driekwart van het langjarige gemiddelde (zie tabel 1). Uitgesplitst naar seizoen lag de afvoer in het winterhalfjaar al 17 tot 21% onder de langjarige normale waarden. Het zomerhalfjaar kende vervolgens een bijzonder lage afvoer, met minder dan twee derde van de gebruikelijke gemiddelde afvoer in dit seizoen. Zo lag in de Duitse deelstaat Baden-Württemberg op 80% van de meetpunten in het Rijnstroomgebied de waterstand onder de gemiddelde laagwaterparameter (MNW). Lokale neerslaggebeurtenissen brachten slechts kortstondig verlichting.

Tabel 1: Jaar- en seizoensgemiddelde afvoerwaarden voor het afvoerjaar 2022 vergeleken met de langjarige referentiewaarden voor de periode 1961 t/m 2020 bij de meetpunten Bazel en Maxau / Bovenrijn, Kaub / Middenrijn en Duisburg-Ruhrort en Lobith / Nederrijn (gegevensbasis: WSV)

Afvoerjaren	MQ(1961/2020)		MQ(2022)		ZoMQ(1961/2020)		ZoMQ(2022)		WiMQ(1961/2020)		WiMQ(2022)	
	[m³/s]	[m³/s]	Verhouding tot MQ(1961/2020) [%]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	Verhouding tot ZoMQ(1961/2020) [%]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	Verhouding tot WiMQ(1961/2020) [%]	
Bazel-Rheinhalle	1060	765	72	1210	788	65	904	740	82			
Maxau	1260	883	70	1350	839	62	1170	928	79			
Kaub	1690	1230	73	1640	1050	64	1740	1420	82			
Duisburg-Ruhrort	2260	1660	73	1970	1230	62	2550	2120	83			
Lobith	2250	1650	73	1950	1210	62	2560	2100	82			

⁵ DWD / Duitse meteorologische dienst (2024): Wetter- und Klimalexikon (weer- en klimaatlexicon). <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html;jsessionid=8737B6C0A897AB76BD30AD31169C5DDA.live21073?lv2=100578&lv3=603288>, geraadpleegd op 27 juli 2024.

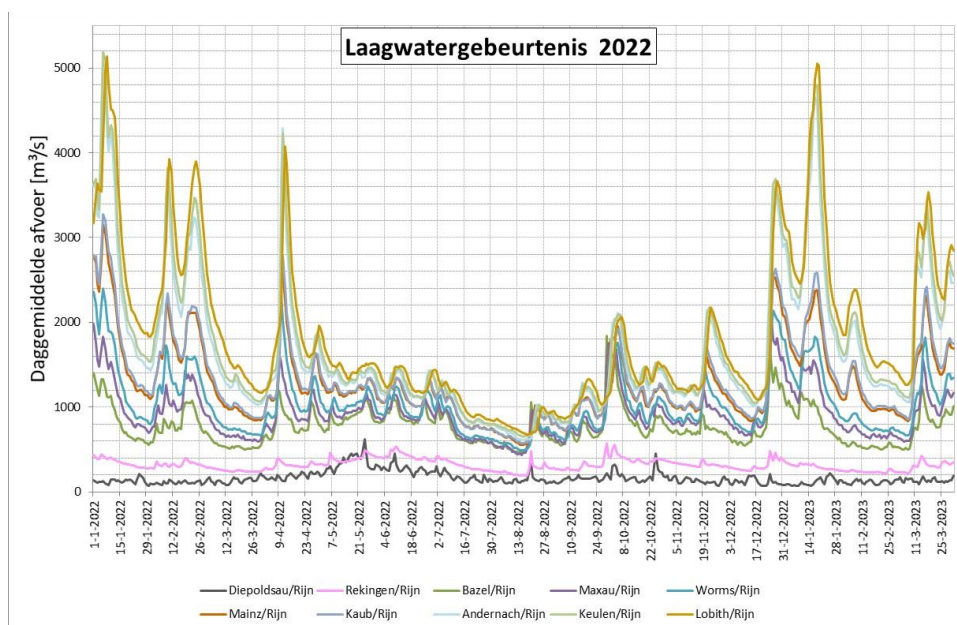
In Tabel 2 staan de afvoertekorten⁶ voor 2022 ten opzichte van het langjarige gemiddelde voor de periode 1961 t/m 2020. De laagste afvoeren werden steeds opgetekend aan het begin van de tweede helft van augustus.

Tabel 2: Gemiddelde afvoer en extreme laagwaterwaarden voor de afvoer in 2022 vergeleken met de langjarige referentiewaarden voor de periode 1961 t/m 2020 bij de meetpunten Bazel en Maxau / Bovenrijn, Kaub / Middenrijn en Duisburg-Ruhrort en Lobith / Nederrijn (gegevensbasis: WSV)

MQ: afvoerjaren	MQ(1961/2020)		MNQ(1961/2020)	NQ(2022)		NM7Q(2022)			
	NQ	HJ		[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	Datum	[m ³ /s]	Datum
Bazel-Rheinhalde			1060	765	511	461	15-8-2022	470	17-8-2022
Maxau			1260	883	623	434	15-8-2022	456	17-8-2022
Kaub			1690	1230	818	571	15-8-2022	583	19-8-2022
Duisburg-Ruhrort			2260	1660	1059	669	17-8-2022	682	20-8-2022
Lobith			2250	1650	1053	680	18-8-2022	690	21-8-2022

Tegen deze achtergrond toont Figuur 3 in detail het afvoerverloop op representatieve meetpunten aan de Rijn vanaf 1 januari 2022 tot het einde van het hydrologische jaar (HJ) 2022 op 31 maart 2023. Samen met de gegevens in Figuur 1 (neerslagtekort) en Figuur 2 (bodemvochttekort) wordt duidelijk dat de factoren voor de laagwaterperiode zich al in maart ontwikkelden. De onderbreking door tijdelijk verhoogde afvoeren in de eerste helft van april is goed te zien, maar deze is niet zozeer toe te schrijven aan neerslag, maar eerder een gevolg van het smelten van sneeuw, dat de waterafvoer in de daaropvolgende maanden echter niet duurzaam kon ondersteunen. Verdampingsverliezen als gevolg van stijgende temperaturen, die van mei tot en met augustus steeds ruim boven de langjarige gemiddelden lagen, en ondergemiddelde neerslag in dezelfde periode leidden tot een verdere afname van de afvoer tot de bovengenoemde jaarlijkse minima. Dit geldt voor alle Rijntrajecten, zelfs voor de meetpunten Diepoldsau (Alpenrijn) en Rekingen (Hoogrijn), waarvan het afvoerregime gewoonlijk wordt gekenmerkt door laagwater in de winter en hoge waterstanden en afvoeren in de zomer als gevolg van smeltwater.

Toen de neerslagactiviteit vanaf de tweede helft van augustus toenam, herstelden de afvoeren zich geleidelijk tijdens een overgangsfase aan het einde van de zomer. Maar pas vanaf oktober waren de waterstanden en afvoeren overal op zijn minst gemiddeld. Daarmee kwam de laagwatergebeurtenis van 2022 tot een einde.



Figuur 3: Dagelijkse afvoeren op representatieve meetpunten aan de Rijn tussen 1 januari 2022 en 31 maart 2023

⁶ Het begrip "tekort" (bijv. neerslagtekort, afvoertekort, bodemvochttekort) wordt in het onderhavige rapport eenvoudigheidshalve begrepen als negatieve anomalie, d.w.z. negatieve afwijking van het gemiddelde.

Tabel 3, Figuur 4, Figuur 5 en de figuren in bijlage I wordt de statistische indeling en classificatie van de laagwatergebeurtenis van 2022 op de verschillende meetpunten aan de Rijn weergegeven overeenkomstig de ICBR-laagwatermonitoring.

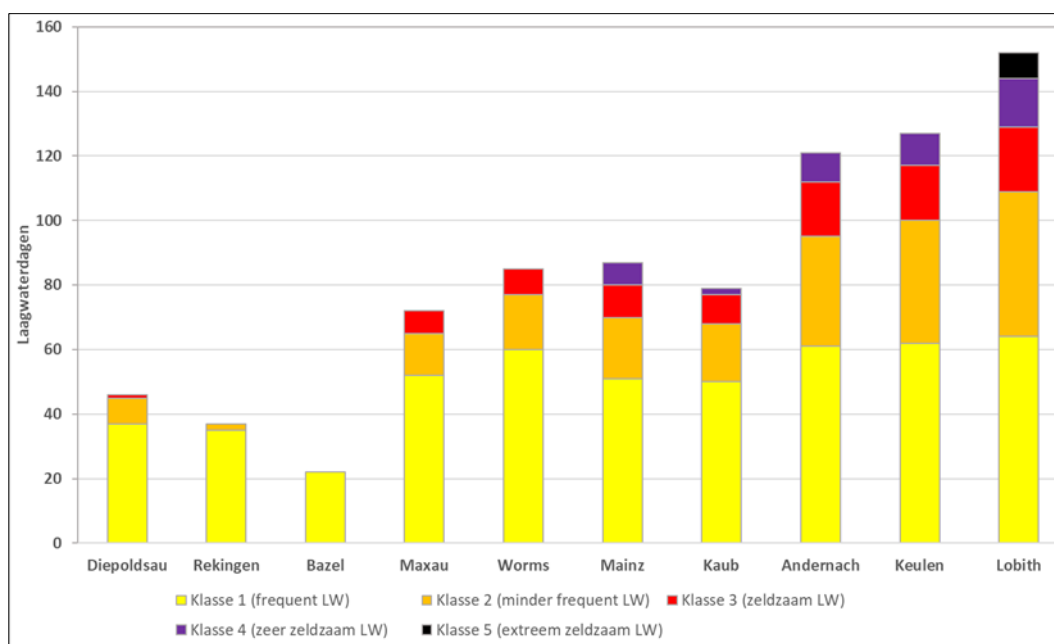
Tabel 3: Parameters en statistische indeling van de laagwatergebeurtenis van 2022.

NM7Q = kleinste afvoergemiddelde over zeven opeenvolgende dagen in een referentiejaar

MNM7Q = langjarig gemiddelde van de NM7Q's

maxD = maximale duur van een aaneengesloten periode waarin de drempelwaarde NM7Q is onderschreden
De herhalings tijden hebben betrekking op de referentieperiode 1961-2010

	Laagwaterafvoer [m ³ /s]			Maximale laagwaterduur maxD [dagen]		
	MNM7Q 1961-2010	NM7Q HJ 2022	Herhalingstijd	Dagafvoer < MNM7Q 1961-2010	Dagafvoer < MNM7Q HJ 2022	Herhalingstijd
Diepoldsau	92,2	80,3	2-5	8	18	20-50
Rekingen	238	197	2-5	24	24	2-5
Bazel	527	470	2-5	20	14	2-5
Maxau	645	456	10-20	18	37	10-20
Worms	720	500	10-20	17	50	20-50
Mainz	850	567	20-50	18	49	10-20
Kaub	851	583	10-20	18	50	10-20
Andernach	997	618	20-50	16	59	20-50
Keulen	1028	661	20-50	17	64	20-50
Lobith	1095	690	50-100	18	64	10-20



Figuur 4: Aantal laagwaterdagen op representatieve meetpunten aan de Rijn volgens de intensiteitsklassen van de ICBR-laagwatermonitoring⁷

De evaluaties laten een steeds intensiever laagwater van zuid naar noord zien. Bij het meetpunt Lobith aan het begin van de Rijndelta was het laagwater het meest uitgesproken. Dit is op het eerste gezicht in tegenspraak met de neerslagontwikkeling, die in de bekeken periode van 2022 van het zuiden naar het noorden afnemende

⁷Klasse 1: Frequent laagwater (Q < 2-jaarlijkse NM7Q)

Klasse 2: Minder frequent laagwater (Q < 5-jaarlijkse NM7Q)

Klasse 3: Zeldzaam laagwater (Q < 10-jaarlijkse NM7Q)

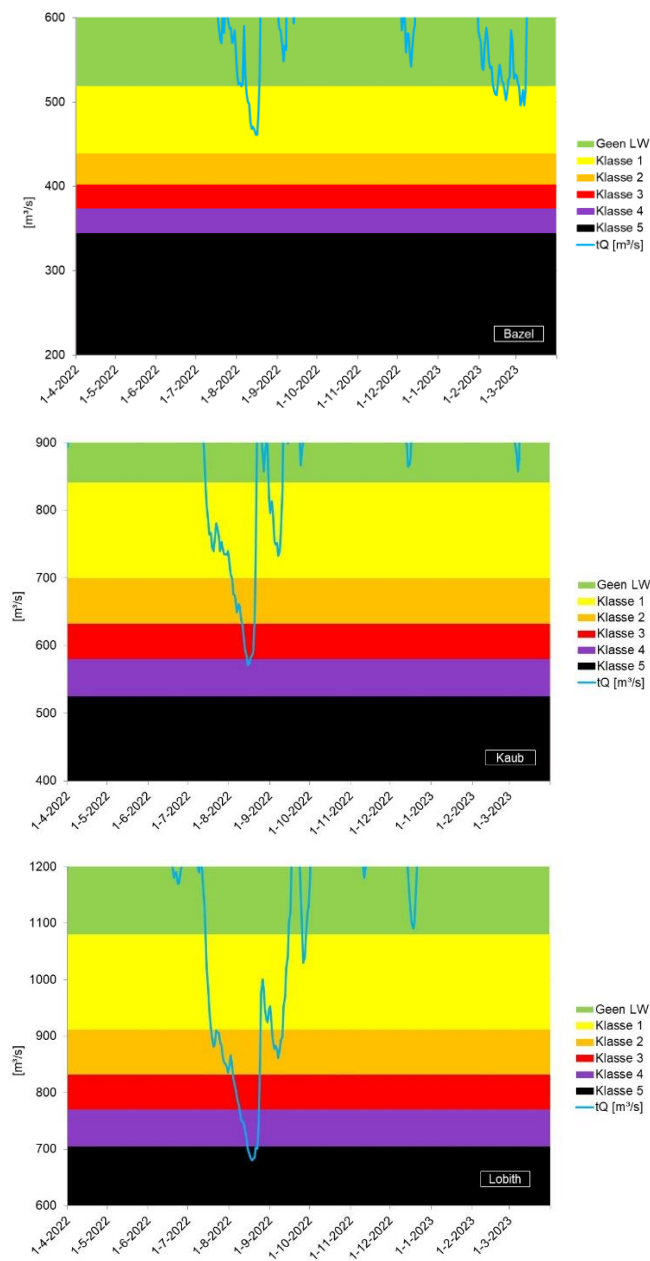
Klasse 4: Zeer zeldzaam laagwater (Q < 20-jaarlijkse NM7Q)

Klasse 5: Extreem zeldzaam laagwater (Q < 50-jaarlijkse NM7Q)

Referentieperiode: 1961 - 2010

neerslagtekorten liet zien. De verklaring voor het intensievere laagwater in het noorden zijn de bovengemiddelde temperaturen over een groot gebied en over een langere periode (naar het noorden toenemend, zie Figuur 1), die hebben geleid tot een hoge mate van verdamping in de waterkringloop evenals de hier regionaal persistentere hydrologische droogte (zie figuur 2) en mogelijk het hiermee verband houdende versterkte watergebruik.

Een andere reden voor het minder intensieve laagwater in het zuiden van het stroomgebied was het toegenomen smelten van gletsjers in de hoogalpiene deelstroomgebieden als gevolg van hoge temperaturen. Dit zorgde in de zomermaanden voor ondersteuning van de Rijnafvoer door smeltwater. Bovendien vormen de meren aan de voet van de Alpen, vooral het Bodensee, een buffer voor laagwater in de zomer. Dit effect neemt stroomafwaarts af. De verbanden zijn duidelijk te zien in de NM7Q-evaluatie in Tabel 3 en de duorcijfers per klasse in Figuur 4.



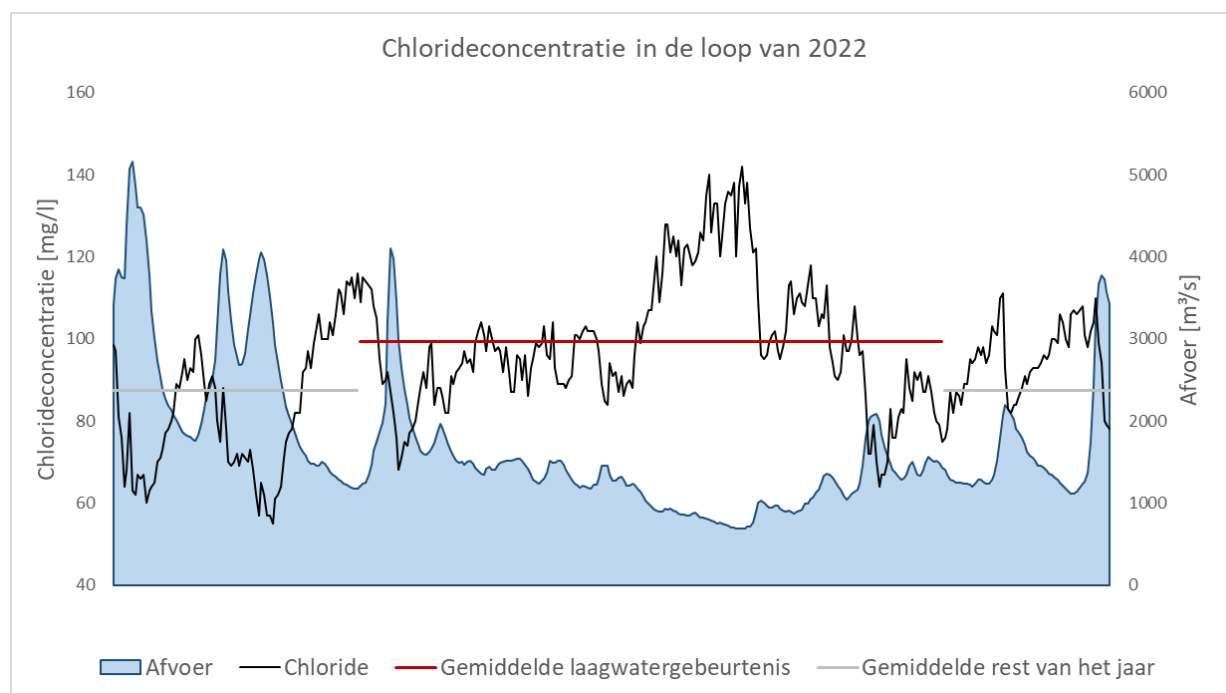
Figuur 5: Afvoerverloop (daggemiddelden) op de Rijnmeetpunten Bazel, Kaub en Lobith in het hydrologische jaar 2022, ingedeeld in ICBR-monitoringsklassen

3 Effecten op de waterkwaliteit en de ecologie



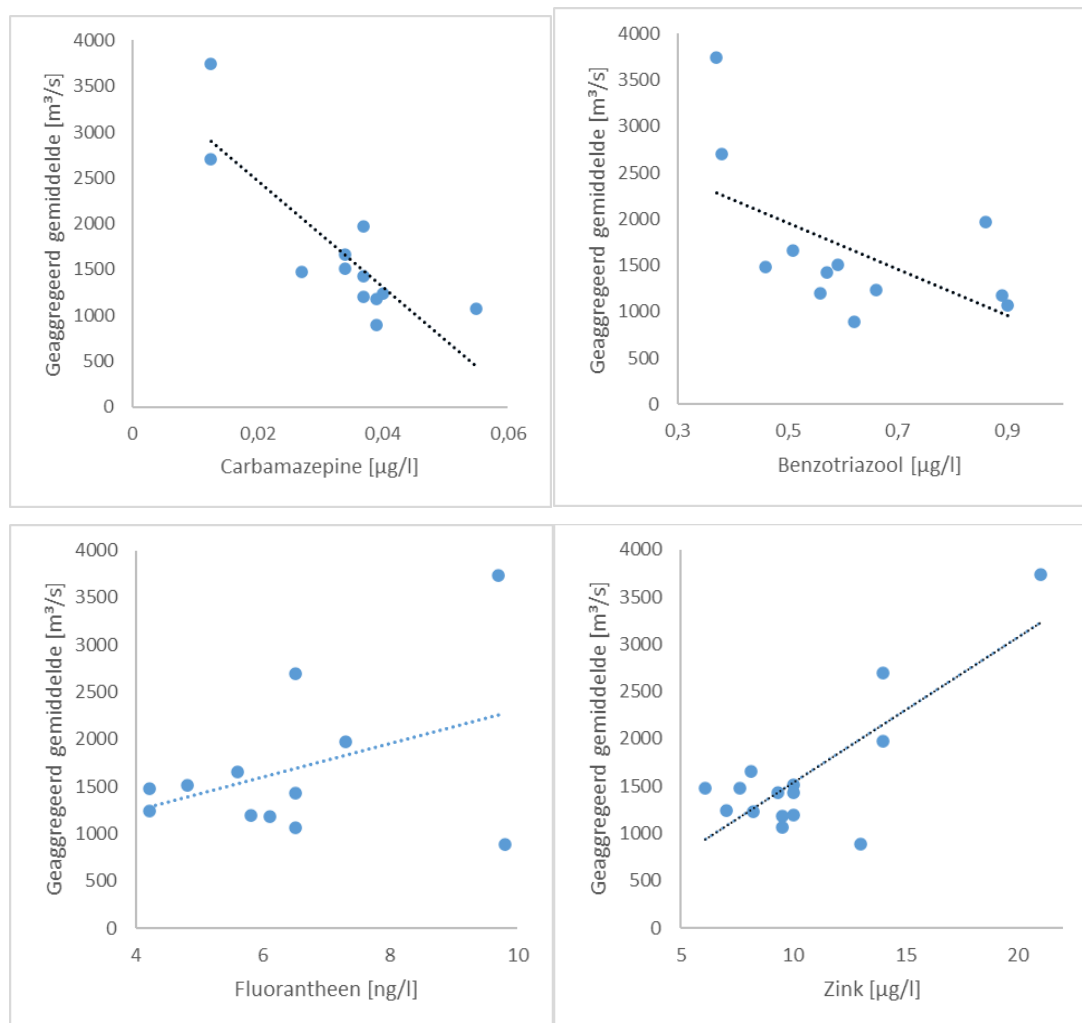
Bij laagwater moet de vracht van bepaalde verontreinigende stoffen over minder water worden verdeeld, waardoor **hogere concentraties** optreden. Bij andere verontreinigende stoffen kan daarentegen het ontbreken van afspoeling leiden tot een vermindering van de toevoer tijdens laagwaterperiodes en deze uitstellen tot de volgende stijging van het waterpeil. Of en hoe een bepaalde stof een relatie heeft met de rivierafvoer zal dus afhangen van de emissieroutes, het type lozing (continu/seizoensafhankelijk/incidenteel), de persistentie (halfwaardetijd) van de stof en de adsorptie-eigenschappen (Deltares 2023).

In de periode van april t/m oktober 2022, toen de afvoeren laag waren, vertoonden de **concentraties van enkele stoffen die voornamelijk in water opgelost zijn**, zoals benzotriazool, iopamidol en carbamazepine, een stijgende tendens in het meetstation Kleef-Bimmen. Op veel meetlocaties is er sprake van een zeer nauwe (negatieve) correlatie tussen de afvoer en de concentratie van deze stoffen. In het bijzonder laten ook de resultaten van het geïntensiveerde Duitse watermonitoringsprogramma (INGO), die beschikken over een hoge temporele resolutie, duidelijk de nauwe negatieve correlatie tussen de afvoer en de stofconcentratie voor chloride zien (zie figuur 6).



Figuur 6: Invloed van de afvoer op de chlorideconcentratie in 2022 in het meetstation Kleef-Bimmen

Daarentegen laat bijvoorbeeld zink, een stof die veeleer aan deeltjes is gebonden, een positieve correlatie met de afvoer zien, net als de polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en filtreerbare stoffen (zie figuur 7).



Figuur 7: Afhankelijkheid tussen de concentratie van vier stoffen en de afvoer in het meetstation Kleef-Bimmen

In 2022 werd, in tegenstelling tot 2018, de Noordrijn-Westfaalse oriënteringswaarde voor zink van 10,9 µg/l (gefilterd monster) niet overschreden in het meetstation Kleef-Bimmen. Ook voor de Duitse milieukwaliteitsnorm voor zwevend stof van 800 mg/kg (geregeld in bijlage 6 van de Duitse Oppervlaktewaterverordening) werden er in het meetstation Kleef-Bimmen geen overschrijdingen waargenomen, omdat het transport van zwevend stof duidelijk verminderd was.

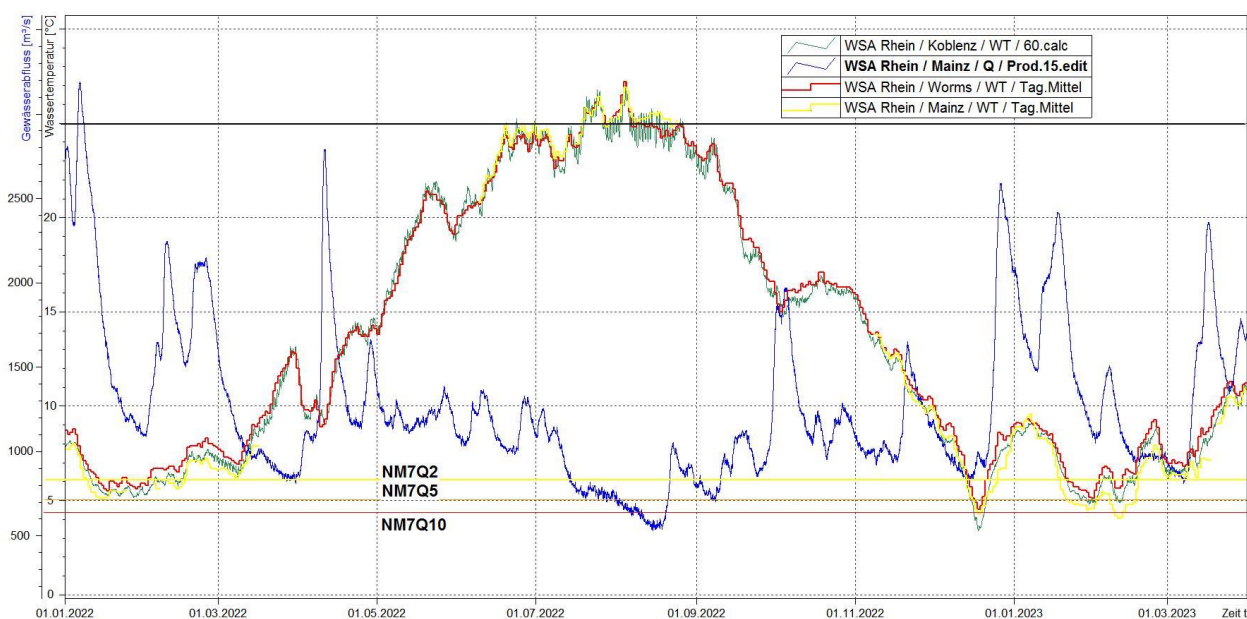
In rivieren worden de concentraties van microverontreinigingen behalve door de afvoer ook door andere factoren beïnvloed, met name het aandeel gezuiverd stedelijk afvalwater. Afhankelijk van het verwijderingspercentage van de individuele microverontreinigingen in de rioolwaterzuiveringsinstallatie en de reeds aanwezige concentraties van deze stoffen in de rivier, resulteert dit in toe- dan wel afnames van de concentraties microverontreinigingen in de rivier. Algemeen kan worden gesteld: hoe hoger het aandeel gezuiverd stedelijk afvalwater in een rivier, hoe hoger ook de concentraties microverontreinigingen doorgaans zijn.

Vanaf eind juli 2022 was er in West-Nederland (bij de Rijn-Maasmonding) sprake van toenemende verzilting, omdat er door de lage rivierafvoeren minder water beschikbaar is om het zeewater terug te dringen. Ook in het IJsselmeergebied en in het Noordzeekanaal nam verzilting geleidelijk toe vanwege verminderde waterbeschikbaarheid. Van september tot half november 2022 was het chloridegehalte bij het drinkwaterinnamepunt Andijk (IJsselmeer) boven de wettelijke drinkwaternorm van 150 mg/l. Hierdoor moest het drinkwaterbedrijf selectief water innemen uit het IJsselmeer en haar buffercapaciteit

inzetten (Rijkswaterstaat 2023). Tegelijkertijd was er sprake van een toename in het chloridegehalte in de bovenstroomse aanvoer.

Verbonden met de hoge luchttemperaturen was er in de Rijn sprake van hoge **watertemperaturen**, vooral in de tijd van het "zomerlaagwater" in juli en augustus (zie figuur 8). Op het gehele Duitse Rijntraject waren de watertemperaturen gedurende de hele zomer van 2022 bovengemiddeld hoog, maar op geen enkel Rijntraject werden piekwaarden rond 28 °C bereikt, zoals in de jaren 2003 en 2018 wel is gebeurd. In Nederland zijn ook hoge watertemperaturen gemeten, maar is de 25 °C niet overschreden. In alle zes de Zwitserse Rijnstations tussen het Bodensee en Basel is in juli en augustus 2022 de grenswaarde van 25 °C overschreden. Deels bereikten de watertemperaturen een waarde van 26,3 °C. Alleen in de jaren 2003 en 2018 zijn er hogere dagmaxima gemeten. De Franse, incidentele metingen in de Duits-Franse Bovenrijn sluiten aan bij deze trends.

Ondanks de hoge watertemperaturen is het **zuurstofgehalte** op de verschillende Rijntrajecten niet op een kritisch niveau geweest. Enkele (door stuwen gereguleerde) belangrijke zijrivieren lieten echter wel kritische zuurstofwaarden zien. In de bovenloop van de Moezel daalde het zuurstofgehalte in mei/juni 2022 kort onder de 4 mg/l, terwijl het zuurstofgehalte in augustus/september door de cyanobacteriënbloei werd ondersteund (zie hieronder). Volgens het Alarmplan Main Waterecologie was er in de Main vooral aan het begin van het groeiseizoen 2022 en in het najaar van 2022 sprake van kritische zuurstoftekorten. In beide rivieren zijn er preventieve maatregelen genomen om de zuurstofhuishouding te stabiliseren (turbinebeluchting, overlaat over stuwen). In de Neckar waren er in 2022 geen zuurstofgerelateerde problemen die aanleiding hebben gegeven tot beluchtingsmaatregelen. Het weerpatroon in het voorjaar/de vroege zomer van 2022 bood stabiele omstandigheden voor fytoplankton, met zijn zuurstofproducerende en zuurstofverbruikende dagelijkse cycli. In kleinere wateren in het Rijnstroomgebied, in het bijzonder in rivieren met een groot aandeel gezuiverd afvalwater of stuwen, waren de zuurstofconcentraties soms zeer laag tot kritiek.



Figuur 8: Ontwikkeling van de temperatuur op enkele meetpunten aan de Rijn tussen januari 2022 en maart 2023

De lage waterstanden en hoge watertemperaturen hebben op sommige plekken een effect gehad op de **organismen** in het water.

De afvoer in de Alpenrijn (meetpunt Lustenau, Vorarlberg) bleef van juli 2022 tot medio augustus 2022 hangen rond de laagste seizoenswaarden sinds het begin van de waarnemingen. Op enkele dagen zijn er zelfs nieuwe seizoensminima opgetekend. In meerdere kleinere beken moesten vissen worden weggevisst en verplaatst. In de Dornbirnerach in Vorarlberg is er eind juli 2022 vissterfte waargenomen. Aangenomen

werd dat de meest waarschijnlijke oorzaak van deze vissterfte de hoge watertemperaturen (er zijn maxima tot 29 °C gemeten) en de zuurstofverbruikende vegetatie in de Dornbirnerach waren.

Ondanks de hoge watertemperaturen en lage waterstanden was er in de Hoogrijn en zijn zijrivieren slechts sporadisch sprake van vissterfte. Dit betrof vooral vlagzalmen, forellen en barbelen. De visserijdiensten gaan ervan uit dat er geen massale sterfte, zoals in 2018, heeft plaatsgevonden, omdat enerzijds de populatiegrootte van vooral de vlagzalmen klein was (als er minder vissen zijn, vallen hoge sterftcijfers minder op) en omdat anderzijds de watertemperaturen niet de maxima van 2018 bereikten en de hittegolven niet zo lang duurden.

In het Duitse deel van het Rijnstroomgebied is er geen relevante vissterfte als gevolg van de weersomstandigheden waargenomen in de Rijn, maar wel in vijvers, strangen of kleinere meren in de uiterwaarden (in Noordrijn-Westfalen, Baden-Württemberg en Beieren). In uiterwaardwateren zijn ook amfibieën ernstig geraakt. Ondanks de hoge temperaturen was de zuurstofvoorziening in de stromende Rijn en in de (door stuwen gereguleerde) grote zijrivieren, op een klein aantal uitzonderingen na, voldoende voor vissen en hoger dan de voor vissen kritische waarde van 7 mg/l. Sporadische, kleinschalige mosselsterfte, zoals in 2018 in de Bovenrijn in Rijnland-Palts is waargenomen, bleef in 2022 uit in de Rijn. In principe waren de bestanden van jonge vissen normaal en ook de macrozoöbenthosonderzoeken hebben niets opvallends aan het licht gebracht. Er zijn geen verliezen in de macrozoöbenthosbestanden in de Rijn gemeld of waargenomen door de overheden tijdens de fases met hoge watertemperaturen.

Brongebieden en de bovenloop van rivieren in het Rijnstroomgebied vielen deels droog. In bepaalde regio's zijn wateren, voor ze zouden droogvallen, leeggevist en de vissen zijn overgebracht naar viskwekerijen of andere wateren, teneinde de populaties te behouden. Er zijn ook in toenemende mate andere maatregelen genomen (het uitbaggeren van laagwatergeulen en mondingsgebieden, kunstmatige beschaduwning en beluchting, toegangs- en zwemverbod op kritieke locaties, e.d.) (Aquaplus 2021, 2022; Achermann & Egloff 2023). Het droogvallen van kleinere (zij)rivieren leidde ook in andere Zwitserse rivieren dan de Hoogrijn tot vissterfte en deels ook tot macrozoöbenthossterfte. Ook in Rijnland-Palts en in Noordrijn-Westfalen is op enkele plekken de bovenloop van beken droogvallen, maar dit ging niet gepaard met het afsterven van macrozoöbenthos.

In de zomer van 2022 was er, zoals in de meeste zomers sinds 2017, op het gehele Duitse Moezeltraject sprake van een bloei van cyanobacteriën van het geslacht *Microcystis*, dat toxines afscheidt. Pas eind september 2022 kwam er een einde aan deze algenbloei. Gelet op het voorgaande zijn er in Rijnland-Palts preventief waarschuwingen in verband met recreatie aan de Moezel afgegeven.

Vergeleken met 2017/2018 en de daaropvolgende zomers (alleen in 2021 was er geen explosie van blauwalgen in de Moezel) was de bloei van de cyanobacteriën in de Moezel in 2022 duidelijk sterker en duurde tot het vroege voorjaar van 2022 voort als gevolg van de aanhoudende lage afvoeren. Dankzij gerichte metingen door de BfG konden in de maanden augustus en september 2022 de toxines worden gedetecteerd die door de cyanobacteriën worden geproduceerd (*microcystines*). De concentraties lagen echter onder de grenswaarden voor zwemwateren.

Het ontstaan van de "blauwalgenbloeien" werd in de hand gewerkt door laagwater en de hierdoor veroorzaakte lange verblijftijd van het zeer traag stromende water in de stuwpanden van de Moezel tot eind september 2022 en in de Neckar in augustus 2022. Aan de Middenrijn konden in de zwak stromende, ondiepe delen vlakbij de oevers massaal draadalgen tot ontwikkeling komen en de rivierbedding overgroeien. Aan de Middenrijn konden in de zwak stromende, ondiepe delen vlakbij de oevers massaal draadalgen tot ontwikkeling komen en de rivierbedding overgroeien.



Figuur 9: Mäuseturm Bingen (Middenrijn) en draadalggen, juli 2022 (foto: M. Brunke)

Ook in een kleine grindput in de gemeente Höchst in Vorarlberg, genaamd Bruggerloch, is er in november 2022 algenbloei ontstaan, hier veroorzaakt door de cyanobacterie *Planktothrix rubescens*.

In de Waal en de IJssel heeft de lage waterafvoer gezorgd voor droogvallende nevengeulen en verlies aan aquatisch habitat. De nevengeulen langs de Waal stonden in 2022 tussen de 85 en 283 dagen droog (gemiddeld 158 dagen). Er is bij laag water ook een grotere kans op schade aan vissen door scheepsschroeven. Dit is het grootste op de Waal door de hoge scheepsvaartintensiteit en doordat de Waal de belangrijkste migratieweg is voor meerdere soorten. Met name de aal is door slecht gehoor en zicht kwetsbaar voor botsingen met schepen. De trefkans tussen alen en schepen is het grootst tijdens lage waterstanden en net na een toename van de waterstand aangezien de alen dan worden aangezet om te migreren (Schulte & Van Winden, 2024).

4 Bijzondere gevolgen (beperkingen van gebruiksfuncties, schade, voorvallen) en genomen maatregelen

Opmerking: Genomen maatregelen zijn onderstreept in de tekst.

Als gevolg van de droge en hete zomer nam het **waterverbruik** duidelijk toe en werd het onttrekken van water (o.a. voor landbouwdoeleinden) op veel plekken verboden. Daarnaast werd (publiek, landbouw, industrie) ertoe opgeroepen om zuinig te zijn met water en was er op grote schaal sprake van opbrengstderving in de **landbouw**. De restricties in het watergebruik concentreerden zich over het algemeen op de inname van water uit kleinere en middelgrote rivieren en lokale grondwatervoorraden. Hoewel de publieke **watervoorziening** op enkele gevallen na kon worden gewaarborgd, was er veel mediabelangstelling voor de droogte-/laagwatergebeurtenis, die slechts vier jaar na de extreme gebeurtenis van 2018 kwam, en zijn burgers en gebruikers zich steeds meer bewust geworden van het probleem. Op lokaal niveau ontstonden er sporadisch conflicten tussen watergebruik en waterbescherming. Een samenvatting van de belangrijkste ontwikkelingen en problemen met betrekking tot de watervoorziening en het waterverbruik en de genomen maatregelen op dit gebied in de landen aan de Rijn:

- In **Zwitserland** ondervonden sommige kantons knelpunten in de **openbare watervoorziening**, maar deze konden grotendeels worden gecompenseerd via de watervoorzieningsnetwerken (uit regio's met voldoende watervoorraden). Incidenteel waren gebruiksbeperkingen of noodvoorzieningsmaatregelen nodig, waarbij het in het laatste geval vooral ging om boerenbedrijven in de Alpen. In veel kantons riepen gemeenten of waterleidingbedrijven op tot waterbesparing. De droogte had aanzienlijke gevolgen voor de Zwitserse **landbouw**, waarbij vooral gras- en maïsgewassen het plaatselijk zwaar te verduren hadden. Op veel plaatsen moest de hooivoorraad voor de winter al in de zomer worden bijgevoerd. Daarentegen waren de opbrengsten voor wintergewassen zoals wintertarwe bovengemiddeld hoog, want deze waren dit jaar ongewoon vroeg rijp en stonden daardoor minder bloot aan de zomerdroogte. De lage

waterstanden in de rivieren gingen gepaard met beperkingen op onttrekkingen voor landbouwirrigatie in de Zwitserse Hoogvlakte, in de Jura en op de noordflank van de Alpen. Hiertoe werd besloten voor de periode van juni tot en met september, in enkele gevallen tot en met oktober. Zonder irrigatie liep bijvoorbeeld de kwaliteit van de aardappeloogst terug. In Zwitserland waren de meest voorkomende kortetermijnmaatregelen van de kantons het bijeenroepen van werkgroepen, taskforces of crisisteam, en communicatiemaatregelen naar de bevolking toe. Twee kantons verleenden uitzonderlijke vergunningen voor tijdelijke wateronttrekkingen, waardoor de restafvoeren onder het minimum kwamen. Om de waterecologie te beschermen, was er in 2022 op grote schaal sprake van noodafvissingen en zwem- en toegangsverboden in rivieren. Minder vaak voorkomende maatregelen hadden betrekking op het creëren van wijkplaatsen of vluchtmogelijkheden voor de visfauna (uitbaggeren van laagwatergeulen, kunstmatige beschaduwing, toevoer van zoet water).

- In **Oostenrijk** kon de watervoorziening worden gegarandeerd dankzij reeds bestaande koppellijnen en netten tussen gemeentes en openbare drinkwaterbedrijven. In 2022 waren er in het Oostenrijkse Rijnstroomgebied **geen verdere maatregelen nodig om de watervoorziening veilig te stellen** tegen de gevolgen van de droogte. Wel moesten er uit een aantal kleinere beken vissen worden gered en verplaatst. Eind juli 2022 was er sprake van vissterfte in de Dornbirnerach.
- In **Liechtenstein** kon een kleiner wateraanbod worden opgevangen door een goed netwerk van waterleidingbedrijven en waren er **geen knelpunten in de openbare watervoorziening**. Toch leidde de droogte soms tot watertekorten in beken en daarmee samenhangende **problemen voor waterorganismen**. De lage afvoer beperkte ook de irrigatiemogelijkheden voor **landbouwgewassen**. Maar door de situatie voortdurend in de gaten te houden, kon een verbod op het onttrekken van water voor de landbouw worden voorkomen. Toch was het nodig om voor de irrigatie van landbouwgewassen soms ook water uit het openbare drinkwaternetwerk te gebruiken.
- In **Duitsland** waren er tijdelijke en lokale **knelpunten in de openbare watervoorziening** van enkele deelstaten. Een deel van de waterleidingbedrijven riep op tot waterbesparing of legde waterbesparende maatregelen op. In het Duitse Rijnstroomgebied werden door de verantwoordelijke autoriteiten op grote schaal – meestal vanaf juli en ook nog na augustus – beperkingen aan het gemeenschappelijke gebruik van water opgelegd. Deels werden ook toegelaten wateronttrekkingen voor landbouwirrigatie, commerciële tuinbouw of andere doeleinden verminderd of vergunningen daarvoor tijdelijk ingetrokken. Alles samen genomen heeft de laagwatergebeurtenis in 2022 (ook rekening houdend met de ervaringen uit de laagwaterjaren van 2015 t/m 2018) duidelijk gemaakt dat de bevoegde autoriteiten consequent intensieve inspecties van het watergebruik moeten uitvoeren, de rivieren moeten monitoren, gebruikers moeten adviseren en noodzakelijke maatregelen in gang moeten zetten. Instrumenten zoals de laagwaterinformatiedienst van Beieren of het informatiecentrum voor laagwater van Baden-Württemberg (zie ook hoofdstuk 5.2) droegen in aanzienlijke mate bij aan het informeren van het publiek, en ondersteunden de autoriteiten bij het uitvoeren van hun taken. Er zijn voorbeelden van waarschuwings- en alarmplannen met een waterecologische insteek die bij laagwateromstandigheden een bijzondere rol spelen in de Duitse deelstaten Rijnland-Palts en Baden-Württemberg en in het stroomgebied van de Main. Vanwege hoge watertemperaturen in Rijnland-Palts trad in juli 2022 actiestap 1 van het stappenplan in werking dat is geïmplementeerd in het Actieplan Hitte van de deelstaat. Deze stap voorziet in meer toezicht en voorbereidingen door de autoriteiten en industriële/commerciële warmtelozers bij watertemperaturen > 25°C, of in enkele speciale gevallen zelfs > 18,5°C. Actiestap 2, die concrete maatregelen voorschrijft om warmtelozingen te verminderen (bijv. gebruikmaken van de mogelijkheden van luchtkoeling in plaats van koelwater, vervroegen van geplande inspecties), hoefde in 2022 niet in werking te treden. Om het zuurstofgehalte op het door stuwen gereguleerde traject van de Neckar te ondersteunen, gelden er in Baden-Württemberg sinds 1980 enkele afspraken: beheerders van energiecentrales en de stad Stuttgart - met de grootste rioolwaterzuiveringsinstallatie op de Neckar - hebben zich ertoe verplicht om

beluchtingsmaatregelen uit te voeren als het zuurstofgehalte onder de kritische grens van 4 mg/l daalt. In 2022 moesten er evenwel geen ondersteunende maatregelen worden genomen. Daarnaast zijn er in het kader van het [Alarmplan Main Waterecologie](#) waarschuwningsniveaus afgekondigd vanwege hoge watertemperaturen en zuurstoftekorten bij lage afvoeren: 50 dagen de bestuursinterne “voorwaarschuwing” en 7 dagen “waarschuwing”. Tot de uitgevoerde maatregelen behoorden het informeren van het publiek, het in werking stellen van de turbinebeluchting in de waterkrachtcentrale Kleinostheim en het verzoeken van gemeenten en bedrijven (directe lozers) en de water- en scheepvaartautoriteiten om af te zien van verslechterende activiteiten (bijv. doorspoelen van riolen, uitstelbaar onderhoud van afvalwaterzuiveringsinstallaties, verwijderen van sediment uit de waterweg Main). Er werd intensief overlegd met directe lozers. Om de laagwaterafvoer te verhogen, is tussen midden juni 2022 en begin oktober 2022 in het stroomgebied van de Main ook bijna 80 miljoen m³ water via de kanaalaanvoer en ongeveer 25 miljoen m³ via de Brombachsee-aanvoer vanuit het stroomgebied van de Donau naar het Regnitz-Maingebied geleid. Hierbij werd er voldaan aan de voorschriften in verband met de verhoging van het laagwaterpeil die zijn vastgelegd in de instructie voor het beheer van het wateraanvoersysteem. Dankzij deze maatregel kon het laagwater worden beperkt, ook al moest de aanvoer van Donauwater naar het Maingebied tijdelijk – van half juli tot half augustus – worden opgeschort omdat de afvoer onder de hiervoor vastgelegde minimale afvoer in de Donau lag. In de **landbouwsector** kampten vooral het midden en zuiden van het Duitse Rijnstroomgebied met opbrengstverliezen. Het gevolg was grootschalige noodrijp bij graangewassen, gebrekkige groei van grasland en verwelkingsverschijnselen bij suikerbieten. Ook kwam zonnebrandschade voor in de fruitteelt en wijnbouw. In het noordwesten van Beieren (regeringsdistrict Neder-Franken) daalde bijvoorbeeld de opbrengst van aardappelen en silomaïs met ongeveer 35% en die van suikerbieten met ongeveer 17% ten opzichte van het tienjarig gemiddelde. Daarentegen was er bij wintergerst een lichte stijging van de opbrengsten te zien als gevolg van de relatief natte herfst-/wintermaanden van 2021/2022.

- In **Frankrijk** zijn er door de overheid maatregelen opgelegd om bepaalde watergebruiksfuncties tijdelijk te beperken van half juli tot half oktober 2022, om met name de **drinkwatervoorziening en natuurlijke habitats te beschermen**. Deze maatregelen waren gericht op het verbruik door particulieren en gemeenten en op industrieel, commercieel en agrarisch gebruik. Ook waterbouwkundige constructies en de scheepvaart bleven niet buiten schot. In alle getroffen departementen zijn door de overheid commissies voor watervoorraden ingesteld. Tijdens de laagwaterperiode vonden verschillende commissievergaderingen plaats. De laagwaterinformatiedienst van de regionale dienst voor milieu, ruimtelijke ordening en huisvesting (DREAL) publiceerde van begin mei tot half november 2022 wekelijks rapporten over de laagwatersituatie.
- In 2022 kwamen **veel kleinere waterlopen in Luxemburg** voor het eerst of voor de tweede keer na 2020 **droog te staan**, waarbij nieuwe recordminima werden gemeten. Er waren geen meldingen van grote vissterfte, maar de situatie was toch gespannen door de lage afvoeren en hoge watertemperaturen. De **drinkwatervoorziening** is ondanks de meteorologische droogte stabiel gebleven, omdat het niveau van het Esch-Sauer-stuwmeer (50% van de nationale drinkwaterproductie) voldoende hoog was. De **landbouw** werd getroffen door de droogte, maar het aandeel geïrrigeerde landbouw is nog laag in Luxemburg. Vanaf 16 juni werd via een bewustmakingscampagne opgeroepen tot waterbesparende maatregelen en vanaf 13 juli werd dit opgeschaald naar een waakzaamheidsperiode. Met de start van de collectieve vakantie werd het nationale **waterverbruik** opnieuw aanzienlijk verminderd en de waakzaamheidsfase eindigde op 4 augustus. De bewustmakingscampagne om water te besparen bleef echter van kracht. Net als in de meeste voorgaande jaren (op enkele uitzonderingen na) was het onttrekken van water uit rivieren verboden van 13 juli tot 5 oktober, en de scheepvaart op de Moezel ondervond slechts lichte hinder. In de zomer van 2022 werd er ook een laagwatermeetcampagne uitgevoerd, met name aan kleinere wateren, om zogenaamde laagwatergevaarkaarten te maken. Het laagwater van 2022 zal in het kader van een apart project worden geëvalueerd.

- In **Nederland** zijn het Management Team Watertekorten, de Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling en de Regionale Droogte Overleggen actief geweest. In tijden van (dreigend) watertekort zijn deze crisisteam verantwoordelijk voor advisering en besluitvorming over maatregelen om de negatieve effecten van droogte en laagwater zo klein mogelijk te houden. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de wettelijke vastgestelde verdringingsreeks. Dit heeft **gevolgen gehad voor watergebruikers**. Regionaal waren onttrekkingsverboden voor oppervlakte- en grondwater ingesteld. De effecten van de droogte en het laagwater waren uiteindelijk vooral te merken voor **de landbouw, de scheepvaart, de natuur en waterrecreatie** (effecten voor de scheepvaart: zie hieronder). Door de hevige droogteperiode van medio juli tot en met begin augustus is er schade ontstaan aan gewassen. Er waren regionale verschillen tussen de effecten van watertekorten op de **landbouw**. Met name in het zuiden en oosten van Nederland zorgde de verslechterde vochttoestand van de ondergrond tot stagnatie van gewasgroei en verminderde gewasopbrengsten. Voor de natuur waren de gevolgen van de droogte – met lage grondwaterstanden tot gevolg – ook zeer merkbaar. Dit had effect op de flora en fauna waaronder vissen, amfibieën, vogels, bos-, heide- en veengebieden. Met name vanaf medio augustus tot en met september was de situatie zorgelijk. Zo ondervonden weidevogels problemen, droogde bos en heide uit, werden vispassages gesloten en gingen bomen dood of in herfststand op hoge zandgronden. Daarnaast waren er waterkwaliteitsproblemen (blauwalg en botulisme), waardoor vissterfte plaatsvond. Er werden door het hele land zwemverboden afgegeven. Er is schade aan natuurgebieden ontstaan, waaronder in veengebieden waar geen wateraanvoer mogelijk was. **Bodemdaling** in Nederland is een continu proces, maar een droog jaar als 2022 met **lager dan gemiddelde grondwaterstanden** zorgt voor een versnelling van dit proces en de daarmee samenhangende schade aan funderingen en infrastructuur.

Hieronder worden de **gevolgen en maatregelen** (onderstreept in de tekst) voor **verschillende andere gebruiksfuncties** beschreven:

In de energiesector moesten **energiecentrales** (thermische centrales zoals kern- en kolengestookte centrales, waterkrachtcentrales) aan de Rijn en zijn zijrivieren hun capaciteit terugschroeven en minder stroom produceren vanwege te lage afvoeren en/of te hoge watertemperaturen (> 25 °C) (zie figuur 8), hetgeen het gevolg was van maatregelen en regels die inzetten op een verbod op extra warmtelozingen. *Kerncentrales* in Zwitserland moesten hun koelwateronttrekking verminderen. Een uitzondering was de kerncentrale Beznau (CH). Want hoewel de temperatuur van de Aare de wettelijke voorschriften overschreed (> 25 °C), mocht deze centrale de productie met verminderde capaciteit voortzetten en koelwater lozen (reden: voorzieningszekerheid).

In Frankrijk is in de Milieuwet bepaald dat er in verband met de effecten van warmtelozingen moet worden voldaan aan de volgende voorschriften:

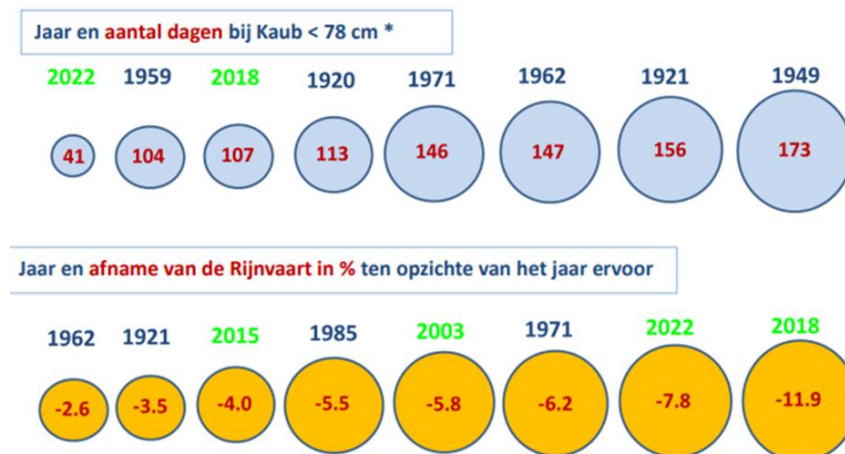
- Warmtelozingen mogen geen temperatuurstijging veroorzaken van meer dan 1,5 °C in wateren voor zalmachtigen en meer dan 3 °C in wateren voor karperachtigen,
- Warmtelozingen mogen niet leiden tot een temperatuur hoger dan 21,5 °C in wateren voor zalmachtigen, hoger dan 28 °C in wateren voor karperachtigen en hoger dan 25 °C in wateren die bestemd zijn voor de productie van drinkwater.

De kerncentrales Mühleberg (CH), Fessenheim (FR), Philippsburg (DE-BW) en Neckarwestheim (DE-BW) die in het ICBR-rapport van 2018 en deels in dit rapport worden genoemd, zijn inmiddels stilgelegd.

Voor de *thermische centrales* aan de Rijn en de Neckar in Baden-Württemberg gold het thermisch reglement dat met de exploitanten en de deelstaat is overeengekomen. Tijdens de laagwatersituatie en de tussentijds hoge watertemperaturen stuurden de exploitanten dagelijks een situatierapport met de actuele gegevens van de centrale naar de regeringspresidia. Vanwege de stijgende watertemperaturen werd er in juli een begeleidende watermonitoring uitgevoerd op de energiecentrales in Stuttgart-Münster, Marbach en Neckarwestheim op de Neckar en in Karlsruhe op de Rijn. De met steenkool gestookte *stoomcentrale (kolencentrale)* Staudinger aan de Main in Hessen moest in de zomer de activiteiten tijdelijk terugschroeven omdat enerzijds het kolentransport per schip en anderzijds, als gevolg van de relatief hoge watertemperaturen, de toevoer van koelwater beperkt waren.

Vanwege de lage afvoeren daalden ook het mogelijke gebruik van waterkracht en de stroomproductie bij de volgende *waterkrachtcentrales* aanzienlijk (bijv. in CH: -15,2% ten opzichte van 2021): Laufenburg en Rheinfelden (Hoogrijn, geëxploiteerd door DE-CH), Iffezheim (DE), Gamsheim (geëxploiteerd door DE-FR) en alle Franse waterkrachtcentrales (Gerstheim, Marckolsheim, Rhinau, Straatsburg, Fessenheim, Kembs, Ottmarsheim en Vogelgrün). Waterkrachtcentrales aan andere beken en rivieren met lagere afvoeren moesten buiten bedrijf worden gesteld. In de meeste gevallen hebben centrales waarvoor geen minimale waterafgifte is vastgelegd in de betreffende vergunningen, geen restwater meer afgegeven.

Laagwater heeft negatieve **economische gevolgen**, zowel voor de **binnenvaart** als voor **bedrijven aan de Rijn** die afhankelijk zijn van de Rijnvaart. Daarbij is het relevant dat de economie en industrie in 2022 al te lijden hadden onder de energiecrisis als gevolg van de Russisch-Oekraïense oorlog en de naweeën van de COVID-19-pandemie. Een groot chemiebedrijf aan de Rijn moest de productie beperken omdat de toevoer van grondstoffen via het water beperkt was en niet volledig kon worden vervangen door andere routes. Door de lage afvoeren ontstonden er eind maart en van half juli tot half september 2022 extreem lage waterstanden langs de hele bevaarbare Rijn, wat de **scheepvaart** ernstig belemmerde. De met laagwater samenhangende verstoringen begonnen in 2022 ongewoon vroeg op het jaar. Laagwatergebeurtenissen zijn niet nieuw voor de binnenvaart, maar de bedrijfstak is wel kwetsbaarder geworden door extremere weersomstandigheden, grotere en diepere schepen en hoge druk door het just-in-time-principe van logistieke ketens. Ondanks het in vergelijking met 2018 kleinere aantal laagwaterdagen leidde het laagwater in 2022 tot **aanzienlijke economische verliezen** (CCR, "Act Now") (zie figuur 10). Vrachtschepen konden slechts licht beladen worden of moesten uit de vaart blijven, waardoor de hoeveelheid goederen per reis en de totale vervoerscapaciteit daalden. Voor een deel is er uitgeweken naar andere vormen van vervoer en werden vrachttarieven verhoogd om het capaciteitsverlies te compenseren. In trek waren ook kleinere schepen met minder diepgang; in sommige gevallen waren moderne, grote, gemotoriseerde vrachtschepen na de ervaringen van 2018 aangepast voor laag water. Om het verlies goed te maken, inden de binnenvaartbedrijven toeslagen op de vrachttarieven, waardoor de vervoersprijzen stegen (de zogenaamde "laagwatertoeslag"). Beperkingen in vervoer en bevoorrading van ondernemers hadden ook directe negatieve gevolgen voor de bevolking, die deels te maken kreeg met prijsstijgingen (energie/verwarming, brandstof, producten) (bron: DW, Fokus). Daarnaast zorgden sluisbeperkingen in Nederland om zoutindringing tegen te gaan, onder meer bij de sluisen van IJmuiden, voor langere wachttijden en files bij de sluisen.



Figuur 10: Aantal laagwaterdagen vergeleken met de gevolgen voor de Rijnvaart⁸ (bron: berekening van de CCR op basis van gegevens van Destatis en de WSV, verstrekt door de BfG)

⁸ Bij deze figuur moet worden opgemerkt dat het jaar 2022 bij lange na niet op plaats acht van de langste laagwatergebeurtenissen in de afgelopen 100 jaar staat. Omdat dit jaar echter op de tweede plaats staat van de laagwaterjaren met de grootste economische gevolgen voor de binnenvaart op de Rijn, is besloten dit jaar toe te voegen aan de eerste rij in deze figuur.

* De jaren van de wereldoorlogen (1914-1918; 1939-1945) en de jaren van economische depressie (1919, 1923, 1931, 1932, 1975, 2009) zijn buiten beschouwing gelaten. In 2022 houdt de daling van het Rijnverkeer ook verband met de gevolgen van de oorlog in Oekraïne.

Daartegenover staat dat de recordlage waterstanden en het mooie weer in de zomer van 2022 veel toeristen aantrokken ("laagwatertoerisme"). **Lokale toeristische rederijen en cruiseschepen** werden wel getroffen, maar konden hun activiteiten aangepast voortzetten, zij het met enkele beperkingen en extra organisatorische maatregelen. De scheepvaart werd ook beperkt op een aantal meren, zoals het Bodenmeer en het Lac de Joux (CH).

Droogte heeft ook **gevolgen voor de veiligheid**. De droogte zorgde voor een ernstig bosbrandgevaar. Als gevolg van het lage waterpeil werd er veel oorlogsmunitie (bijv. granaten) gevonden in de Rijn, die moest worden geborgen. In Nederland stonden de (veen)dijken onder scherpe controle om tijdig de risico's van scheurvorming en dergelijke te kunnen inschatten.

In het rapport gebruikte referenties of links naar meer informatie over de gebeurtenis en de maatregelen zijn te vinden in bijlage II.

5. Vooruitblik

5.1 Laagwater in 2023

Ook het jaar na 2022 was er, na een winter met weinig neerslag in 2022/2023 en (met regionale uitzonderingen in het noordoosten van Zwitserland) een droog begin van de lente, sprake van uitgesproken laagwater. Dankzij tussenliggende perioden met meer neerslag was dit echter beduidend minder extreem dan in 2022. Nadat de waterstanden en afvoeren in juli al waren gedaald tot waarden dicht bij het langjarige MNQ, zorgde neerslag in augustus en september voor een tijdelijk herstel van de oppervlaktewaterafvoer. Nieuwe droogte leidde vervolgens in oktober 2023 tot een daling van de afvoer tot het laagste punt van het jaar. Op alle trajecten werden daarbij niveaus bereikt met een herhalingsstijd van 2-5 jaar (zie Tabel 4).

Tabel 4: Laagwaterparameters in het hydrologische jaar 2023 op de meetpunten Maxau (Bovenrijn), Kaub (Middenrijn) en Duisburg-Ruhrort (Nederrijn). De indeling van de herhalingsstijden volgt de ICBR-classificatie (ICBR-rapport 248)

Afvoerjaren	MNQ(1961/2020)	NQ(2023)		NM7Q(2023)		Herhalingsstijd
		[m³/s]	Datum	[m³/s]	Datum	
Maxau	600	552	18-10-2023	574	20-10-2023	2-5
Kaub	792	744	19-10-2023	767	19-10-2023	2-5
Duisburg-Ruhrort	1040	947	17-10-2023	947	17-10-2023	2-5

Hevige neerslag in november 2023 maakte in het hele stroomgebied een einde aan de laagwatersituatie.

Met betrekking tot de gevolgen en genomen maatregelen in 2023 werd er in een aantal kantons in **Zwitserland** een verbod op wateronttrekking ingesteld. Voor de landbouw waren de omstandigheden aanzienlijk beter dan in 2022 vanwege de relatief overvloedige regen in het voorjaar. Wat de gevolgen van droogte en hitte voor rivieren betreft, kwam in 2023 de nadruk meer te liggen op de hoge watertemperaturen. In **Frankrijk** werden de hoogste waakzaamheidsniveaus – te weten "crisis" (rood) en "verhoogde waakzaamheid" (oranje) – minder vaak bereikt dan in 2022. De laagwatersituatie in 2023 werd in **Duitsland** verschillend beoordeeld door de deelstaten in het Rijnstroomgebied. In Rijnland-Palts werd deze bestempeld als "weinig spectaculair". In Noord-Beieren werd het neerslagtekort in het zomerhalfjaar gecompenseerd door veel neerslag in augustus, waardoor de laagwatersituatie minder intens was dan in 2022. In Baden-Württemberg waren er in 29 stads- en plattelandsdistricten tijdelijke beperkingen van het gemeenschappelijke gebruik van oppervlaktewater. Incidenteel werden ook watervergunningen ingetrokken.

5.2 Van crises naar oplossingen: ontwikkelingen na de laagwatergebeurtenissen in 2018 en 2022

In de **ICBR** publiceerden de Rijnministers in 2020 het programma "Rijn 2040", dat tot doel heeft de gevolgen van laagwater en droogte in het Rijnstroomgebied voor 2040 te verminderen. Dit vraagt om verbetering van de laagwatermonitoring, analyse van de waterbeschikbaarheid tot 2050 en ontwikkeling van grensoverschrijdende oplossingen. De expertgroep "Laagwater" (EG LW) van de werkgroep "Hoog- en laagwater" (WG H) heeft als taak om aan deze onderwerpen te werken. Daarnaast heeft de ICBR in 2024 in het kader van "Rijn 2040" ook afvoerscenario's voor de Rijn en zijn zijrivieren geactualiseerd op basis van de meest recente inzichten in klimaatverandering (ICBR-rapport 297). Deze nieuwe scenario's – en tevens laagwaterindicatoren – vormen het uitgangspunt voor de actualisering van de ICBR-klimaatadaptatiestrategie voor 2025. In het algemeen wordt in de toekomst uitgegaan van een toename van de afvoeren in de winter en een afname van de afvoeren in de zomer, wat kan leiden tot frequentere droogte en laagwater. Het afvoerregime zal meer door regen worden gekenmerkt dan door het smelten van sneeuw en gletsjers (voortschrijdende "pluvialisering").

De ICBR werkt in het Rijnstroomgebied **nauw samen met andere commissies** zoals de IKSMS, CHR, IGKB en CCR, die allemaal de huidige en toekomstige risico's van laagwater, droogte en waterschaarste onderkennen en hun werkzaamheden op dit gebied hebben geïntensiveerd (zie referenties in bijlage II). Voorbeelden zijn de twee projecten "ASG II" en "SES" (zie referenties in bijlage II) van de CHR. De CCR beveelt een pakket maatregelen aan met vier belangrijke instrumenten om de veerkracht van de binnenvaartsector bij laagwatersituaties te vergroten: vooruitgang bij de digitale waterstandsverwachting, infrastructuurmaatregelen op middellange termijn, investeringen in aangepaste schepen voor laagwater en logistieke aanpassingen zoals geoptimaliseerde overslagmethoden. Een verbeterde en voortdurende samenwerking (zie CCR "Low Water Talks") tussen de belanghebbenden is noodzakelijk om effectieve oplossingen te vinden.

Op **Europees niveau (EU)** zijn er sinds 2018 tal van activiteiten in het leven geroepen om de huidige en toekomstige risico's van droogte beter te herkennen en adequate kennis en maatregelen te ontwikkelen. Het gaat hierbij onder meer om de werkzaamheden en producten van de ad-hocgroep "Water scarcity and drought" van de Europese Commissie en de lidstaten (CIS-proces) en het nauw met de ICBR samenwerkende Europese waarnemingscentrum voor droogte (EDO) van het Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek van de Europese Commissie (GCO), zijn portaal, droogterapporten en -atlas, en het enkele jaren geleden opgerichte Europese netwerk van nationale waarnemingscentra voor droogte (European Network of National Drought Observatories).

In **Zwitserland** namen veel kantons in de periode 2018-2022 nieuwe maatregelen voor een langetermijnaanpak van waterschaarste. De trend naar een meer preventieve aanpak is vooral duidelijk bij het onderling verbinden van infrastructuur voor drinkwatervoorziening en bij de plannen om proceswater te gebruiken voor landbouwirrigatie. Drie kantons die deel uitmaken van Rijnstroomgebied hebben een kantonnale waterstrategie (Bern, Jura, Solothurn) en ongeveer tien andere zijn bezig met de ontwikkeling of planning ervan. De waterstrategieën gaan uit van de visie van integraal waterbeheer, waarbij de verschillende belangen op het gebied van watergebruik, waterbescherming en waterveiligheid op een hoger niveau op elkaar worden afgestemd.

In **Oostenrijk** heeft het ministerie van Land- en Bosbouw, Regio's en Waterbeheer in 2023 samen met de deelstaten een landelijk plan voor drinkwaterzekerheid opgesteld. Zo gaat er in totaal 3 miljoen euro naar onderzoeken naar efficiënt watergebruik om in te spelen op de veranderingen in de beschikbaarheid van grondwater als gevolg van de klimaatverandering.

In **Frankrijk** heeft de overheid in het voorjaar van 2023 in het kader van haar ecologische planning het actieplan voor veerkrachtig en gecoördineerd waterbeheer gelanceerd, bestaande uit 53 maatregelen om de uitdagingen op het gebied van zuinig gebruik, kwaliteit en beschikbaarheid van de watervoorraad aan te pakken en om beter op

droogtecrises te kunnen reageren. Er is een nieuw VigiEau-platform ontwikkeld, waar de verschillende watergebruikers (particulieren, gemeenten, bedrijven, boeren) informatie kunnen vinden over de lokale droogtesituatie en de ter plaatse geldende beperkingen. Ook heeft de "Agence de l'eau Rhin-Meuse" in de herfst van 2022 een speciaal hulpplan voor droogte aangenomen, dat voorziet in investeringen om de drinkwatervoorziening veilig te stellen en zuinig met water om te gaan. Deze subsidies zijn bedoeld voor investeringen op het gebied van drinkwatervoorziening, afvalwaterverwerking, water en natuur in de stad, landbouw en industrie. Voor het plan werden in 2023 extra financiële middelen beschikbaar gesteld.

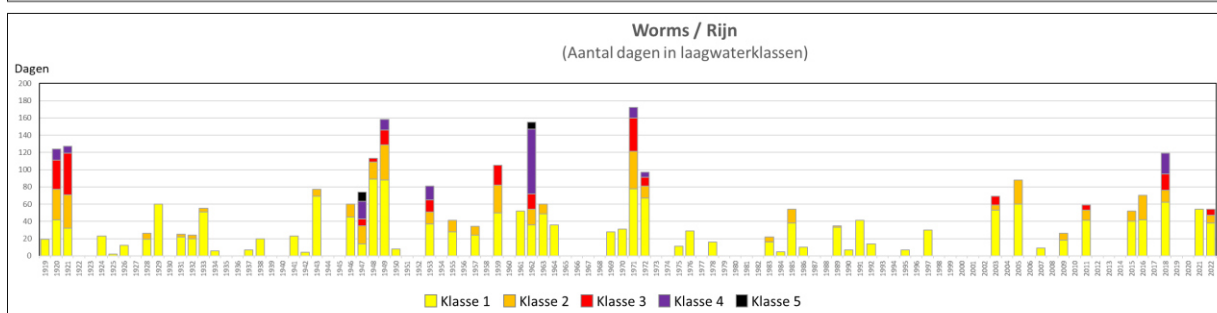
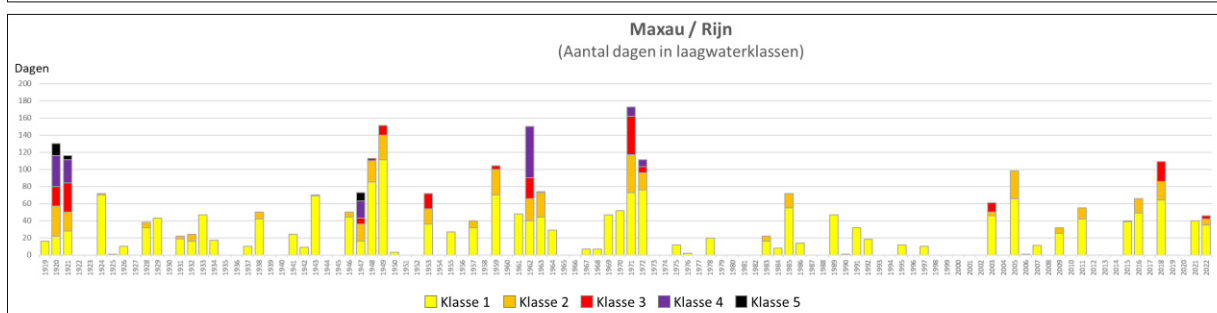
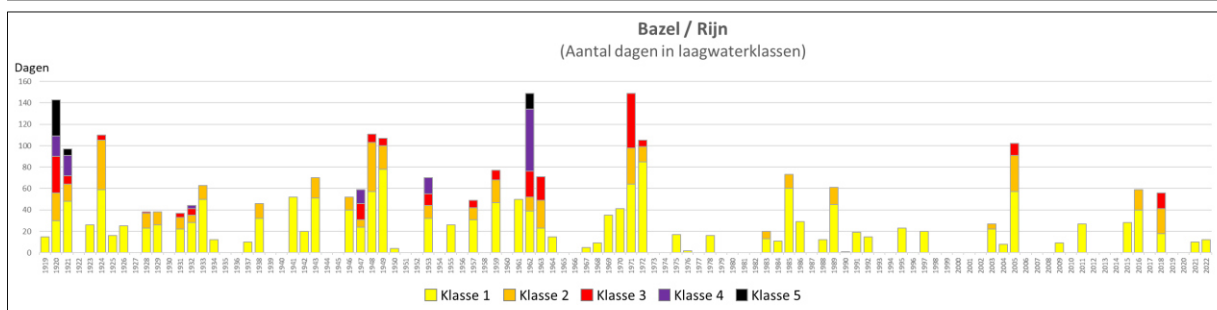
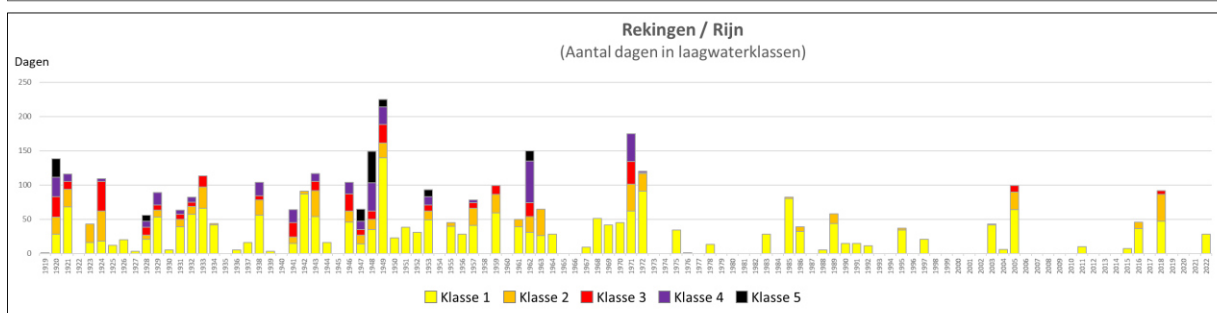
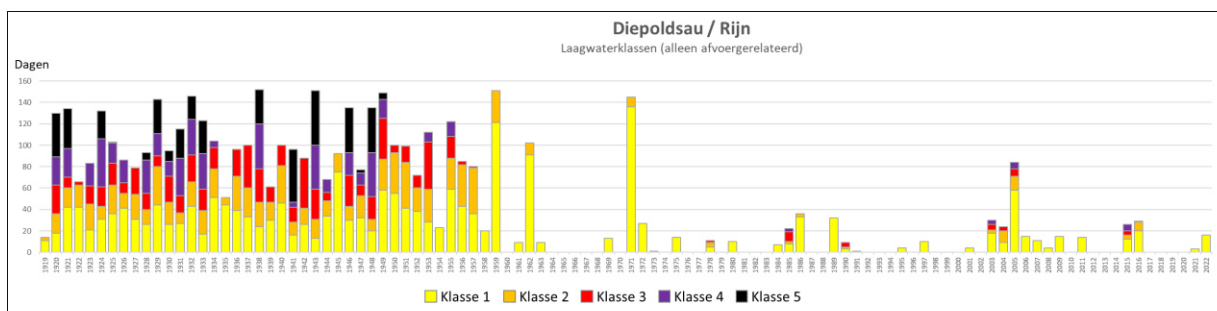
In **Duitsland** is in de zomer van 2022 bijv. de strategie voor waterschaarste van Baden-Württemberg gepubliceerd. Deze strategie bestaat uit een ministerie-overkoepelend 12-puntenplan en als centraal element de oprichting van het informatiecentrum voor laagwater NIZ. Andere overkoepelende programma's/benaderingen zijn bijvoorbeeld de *Nationale Waterstrategie* of *Watertoekomst Beieren 2050*. Om bij toekomstige laagwatersituaties over betere gegevens over tijdelijke of langdurige droogval van rivieren te kunnen beschikken, biedt het LANUV (NRW) vanaf half juli 2024 de lagere waterdiensten en waterschappen de mogelijkheid om droogvallende riviersegmenten via een webapplicatie te melden. Verder zijn bijv. in het Saarland de meetprogramma's aangepast en uitgebreid om in een vroeg stadium te kunnen reageren op opkomende problemen ("meetprogramma cyanobacteriën"). De Duitse dienst voor hydrologie (BfG) heeft begin 2023 een onderzoek naar de laagwatersequentie 2015-2018 gepubliceerd. In deze periode werden alle Duitse waterwegen herhaaldelijk getroffen door extreem laagwater en op veel plaatsen kwam het peil onder de laagste bekende waterstand. De BfG ontwikkelt momenteel in samenwerking met de centrale overheid en de deelstaten het laagwaterinformatiesysteem NIWIS, dat in 2025 operationeel zal zijn. Het is gericht op zowel deskundigen als burgers en biedt, naast documentatie over de situatie, analysetools en uitgebreide informatie over de interpretatie van tijdreeksen en het onderwerp laagwater. Met betrekking tot de scheepvaart en economische spelers kan het in 2019 gepubliceerde actieplan "Laagwater Rijn" worden genoemd. Voor de vier actieterreinen "Informatievoorziening", "Transport en logistiek", "Infrastructuur" en "Langetermijnoplossingen" zijn in totaal acht maatregelen uitgewerkt, waarmee de door klimaatverandering veroorzaakte uitdagingen aan de Rijn moeten worden aangepakt. Deze lopen uiteen van het verbeteren van operationele verwachtingen en het ontwikkelen van scheepstypen die geschikt zijn voor laagwater tot een snellere uitvoering van infrastructurele maatregelen en maatschappelijke dialoog.

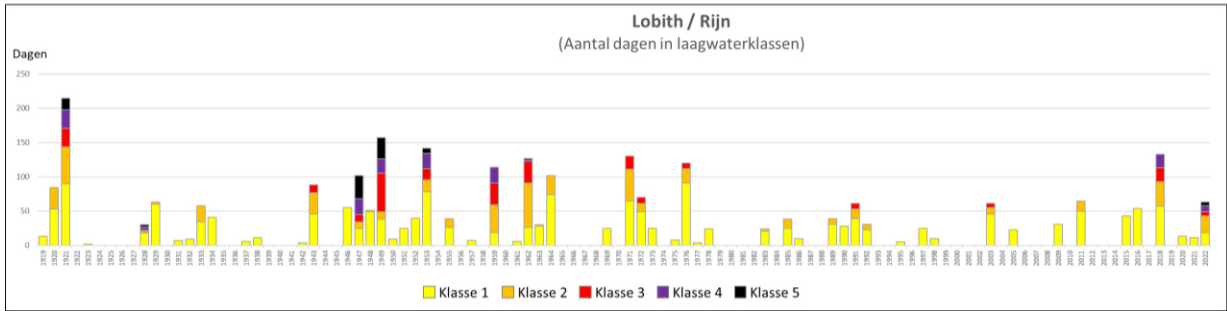
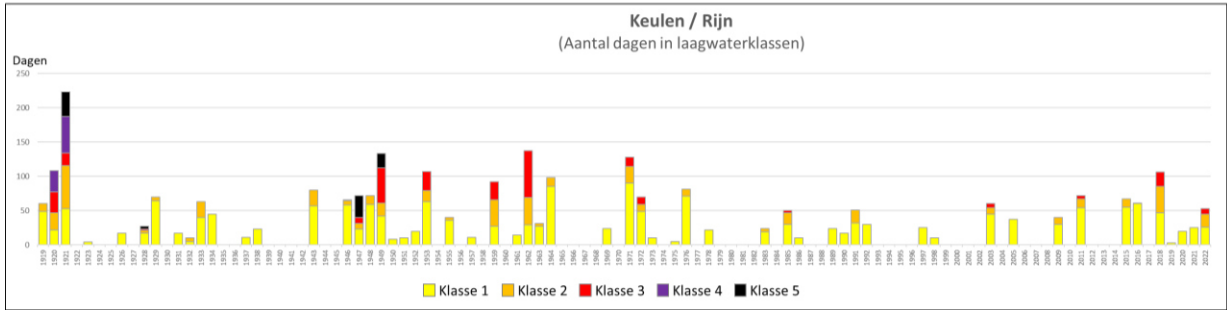
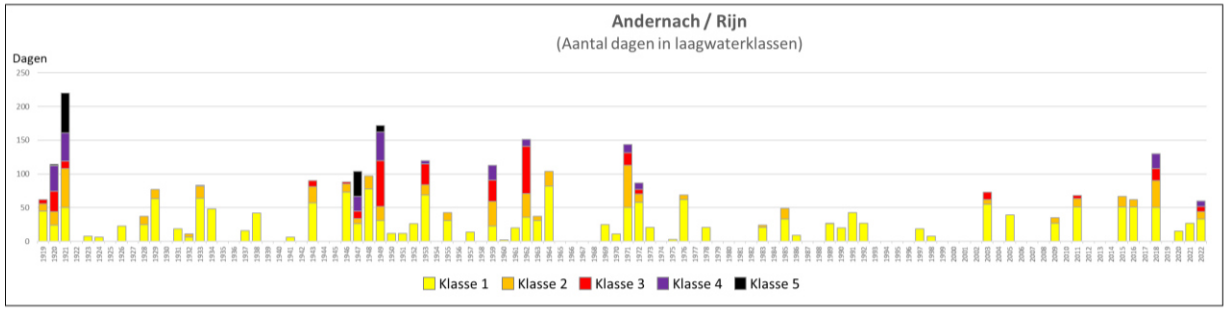
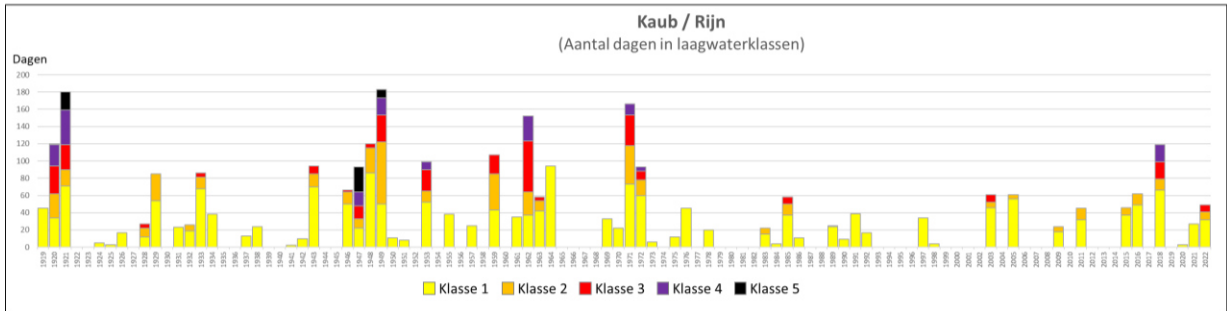
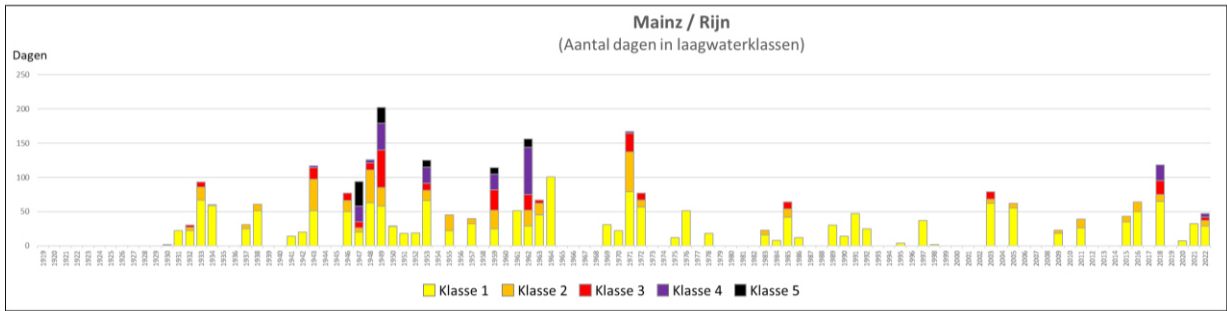
In 2022 is in **Nederland** de tweede fase van het Deltaplan Zoetwater van start gegaan. Met de uitvoering van dit plan in de periode 2022-2027 wordt verder gewerkt aan het weerbaar maken van Nederland tegen droogte en laag water. Voor de uitvoering van het pakket aan maatregelen is ongeveer 800 miljoen euro beschikbaar.

Bijlage I - Retrospectieve monitoring inclusief 2022

Toelichtingen bij de laagwaterklassen:

Kleur	Klasse	Intensiteit	Benaming
groen	0	\geq NM7Q(T2)	normaal = geen LW
geel	1	$<$ NM7Q(T2)	frequent LW
oranje	2	$<$ NM7Q(T5)	minder frequent LW
rood	3	$<$ NM7Q(T10)	zeldzaam LW
paars	4	$<$ NM7Q(T20)	zeer zeldzaam LW
zwart	5	$<$ NM7Q(T50)	extrem zeldzaam LW





Bijlage II – Referenties en verdere informatie over de laagwater- en droogtegebeurtenis van 2022

ICBR:

- Onderwerp laagwater: <https://www.iksr.org/nl/themas/laagwater>
- [Persbericht "Laagwater 2022" \(september 2022\)](#)
- ICBR-systeem voor laagwatermonitoring: <https://www.iksr.org/nl/themas/laagwater/laagwatermonitoring> en directe link naar de UNDINE-pagina: https://undine.bafg.de/rhein/zustand-aktuell/rhein_nw_mon_nl.html
- ICBR 2020: [ICBR-rapport 263](#) "Rapport over de laagwatergebeurtenis van juli-november 2018"
- ICBR 2018: [ICBR-rapport 248](#) "Inventarisatie van de laagwateromstandigheden in de Rijn"
- ICBR 2024: [ICBR-rapport 297](#) "Afvoerscenario's klimaatverandering voor het Rijnstroomgebied"
- [Rijn 2040](#)

Verwijzingen naar hoofdstuk 3 (bijdrage van de werkgroepen B en S):

- Achermann, N. & Egloff N. 2023: Tagungsbericht: Kurz- und mittelfristige Massnahmen zum Schutz der Fische und Krebse bei Trocken- und Hitzeperioden. Erfahrungen und Empfehlungen basierend auf dem JFK/BAFU Workshop vom 29.3.2023. [Fischerei und Klimawandel – Konferenz für Wald, Wildtiere und Landschaft \(KWL\) \(kwl-cfp.ch\)](#)
- AQUAPLUS 2021: Fischschutz Hochrhein – Massnahmen bei Hitzeereignissen. Fachbericht zum best-practice Handbuch. Pilotprojekt F.13 im Rahmen des Pilotprogrammes zur Anpassung an den Klimawandel. 56 p. en bijlagen A–E
- AQUAPLUS 2022: Fischschutzmassnahmen bei Hitzeereignissen. Arbeitshilfe. Pilotprojekt F.13 im Rahmen des Pilotprogrammes zur Anpassung an den Klimawandel.
- Deltares 2023: Relatie afvoer Maas en Rijn en waterkwaliteitsproblemen met oog op Drinkwaterbereiding, https://publications.deltares.nl/11209246_011_0003.pdf
- Rijkswaterstaat 2023: Droogtseizoen 2022: terugblik WMCN-LCW. Rijkswaterstaat publicatieplatform. <https://open.rijkswaterstaat.nl/zoeken/@253589/droogtseizoen-2022-terugblik-wmcn-lcw/>
- Schulte L. & A. Van Winden 2024: Effect van droogte en lage rivierafvoeren op riviernatuur. Bureau Stroming in opdracht van WWF. [effect droogte en lage rivierafvoeren op riviernatuur 4 2024.pdf \(levenderivieren.nl\)](#)

CH:

- Informatie van de Zwitserse delegatie in de EG LW (ICBR, intern)
- EBP Schweiz (2023): Trockenheit im Sommer 2022. Eine Befragung der kantonalen Gewässerschutz- und Fischereifachstellen zu Auswirkungen und Maßnahmen. Bericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt. (https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wasser/externe-studien-berichte/trockenheit-im-sommer-2022-befragung-der-kantonalen-gewaesserschutz-und-fischereifachstellen-zu-auswirkungen-und-Maßnahmen.pdf.download.pdf/Trockenheit_2022_Befragung_Kant_Fachstellen.pdf)
- [Hitze und Trockenheit im Sommer 2022 \(admin.ch\)](#)
- Imfeld, N., P. Stucki, S. Brönnimann, M. Bürgi, P. Calanca, A. Holzkämper, F. A. Isotta, S. U. Nussbaumer, S. C. Scherrer, K. Staub, A. M. Vicedo-Cabrera, T. Wohlgemuth und H. J. Zumbühl (2022). 2022: Ein ziemlich normaler zukünftiger Sommer. Geographica Bernensia, G100, doi:10.4480/GB2022.G10 ([2022: Ein ziemlich normaler zukünftiger Sommer \(unibe.ch\)](#))

- Informationsplattform zur Früherkennung von Trockenheit in der Schweiz:
<https://www.drought.ch/de/>

AT:

- Information van de Oostenrijkse delegatie in de EG LW (ICBR, intern)
- Trinkwassersicherungsplan: <https://info.bml.gv.at/themen/wasser/nutzung-wasser/trinkwassersicherungsplan.html> und direkter Link:
https://info.bml.gv.at/dam/jcr:718c4dff-ade2-4bbc-8264-53fad04eba2a/BML_Publikation_TWSP_A4_barrierefrei.pdf

FL:

- Information van de Liechtensteinse delegatie in de EG LW (ICBR, intern)

DE:

- Information van de Duitse delegatie in de EG LW en van de voorzitter van de EG LW (medewerker van de BfG) (ICBR, intern)
- BfG, 2022: Niedrigwasser-Update: Wöchentliche Lageberichte der Bundesanstalt für Gewässerkunde
https://www.bafg.de/DE/5_Informiert/2_Publikationen/Niedrigwasserbericht/niedrigwasserbericht_node.html
- LUBW, 2023: Wieder ein Rekordjahr – So sonnig und warm wie noch nie - Eine klimatische Einordnung des Jahres 2022 für Baden-Württemberg, Hrsg. LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, <https://pd.lubw.de/10485>
- LUBW, 2024: Temperaturrekord und Achterbahnfahrt des Niederschlags – Eine klimatische Einordnung des Jahres 2023 für Baden-Württemberg, Hrsg. LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, <https://pd.lubw.de/10605>
- LUBW, 2023 (2): Grundwasserüberwachungsprogramm – Ergebnisse 2022, Hrsg. LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/10597>
- Lageberichte des Niedrigwasserinformationsdienstes Bayern ([Niedrigwasser-Lagebericht Bayern](#))
- Regierung von Unterfranken (BY): [Alarmplans Main Gewässerökologie](#)
- [Umweltministerium ruft erste Warnstufe wegen hoher Gewässertemperaturen aus . Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz \(rlp.de\)](#)
- [Handlungs- und Informationskonzept \(Stufenplan\) bei hohen Wassertemperaturen in rheinland-pfälzischen Fließgewässern](#)
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2022): [Strategie zum Umgang mit Wassermangel in Baden-Württemberg \(baden-wuerttemberg.de\)](#) met [Startseite - Niedrigwasser-Informationszentrum Baden-Württemberg \(baden-wuerttemberg.de\)](#)
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz: Nationale Wasserstrategie ([BMUV: Wasserstrategie](#))
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz: Wasserzukunft Bayern 2050 ([Wasserzukunft Bayern 2050 | Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz](#))
- Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz Saarland, interner Bericht, Juli 2022 (aktualisiert 12/2022)
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft; Erntebericht 2022 ([BMEL - Ackerbau - Erntebericht 2022](#))
- Pressemitteilung Umweltministerium NRW: [Klimakrise wird gravierende Folgen für Mensch, Umwelt und Infrastruktur haben](#)
- LANUV NRW: Hydrologischer Status [12.08.2022](#) und [31.08.2022](#)

- Auswertung der Regierung von Unterfranken von Daten des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus
- BfG-Bericht „[Niedrigwassersequenz 2015 bis 2018](#)“
- NIWIS:
https://www.bafg.de/DE/5_Informiert/1_Portale_Dienste/NIWIS/niwis_node.html
- Aktionsplan „Niedrigwasser Rhein“ [8-Punkte-Plan gegen Niedrigwasser im Rhein \(VCI\)](#)

FR:

- Informatie van de Franse delegatie in de EG LW (ICBR, intern)
- Informatieportaal over waterrestricties bij droogte: <https://vigieau.gouv.fr/>
- <https://www.eau-rhin-meuse.fr/actualites/le-conseil-dadministration-adopte-un-plan-daides-special-secheresse>
- <https://www.eau-rhin-meuse.fr/actualites/plan-daides-special-secheresse-une-rallonge-de-10-meu>

LU:

- Informatie van de Luxemburgse delegatie in de EG LW (ICBR, intern)
- <https://eau.gouvernement.lu/dam-assets/publications/2024/rapport-dactivit-2022.pdf>
- https://gouvernement.lu/fr/actualites/toutes_actualites/communiqués/2022/08-aout/04-vigilance-eau-potable.html
- https://gouvernement.lu/fr/actualites/toutes_actualites/communiqués/2022/08-aout/10-effets-secheresse-rivieres-ruisseaux.html
- <https://environnement.public.lu/fr/actualites/2022/06/secheresse.html>

NL:

- Informatie van de Nederlandse delegatie in de EG LW (ICBR, intern)
- [Deltaplan Zoetwater](#)

CCR:

- Informatie/bijdrage van de CCR (waarnemer in de EG LW)
- https://www.ccr-zkr.org/files/documents/workshops/wrshp180123/Act_now_3_0_nl.pdf

CHR:

- ASG II: <https://www.chr-khr.org/de/projekt/schnee-und-gletscherschmelze-im-rhein-asg-ii-2018-2021>
- SES: <https://www.chr-khr.org/de/projekt/sozio-oekonomische-szenarien-ses-2018-2025>
- Inventory of impacts of cooling water consumption by power plants within the Rhine Basin: <https://www.chr-khr.org/en/publication/inventory-impacts-cooling-water-consumption-power-plants-within-rhine-basin>

IKSMS:

- <http://www.iksms-cipms.org/servlet/is/2000120/>

IGKB:

- Pressemitteilung zum Klimawandel am Bodensee „Der Klimawandel heizt dem Bodensee ein“ (18.08.2022): <https://www.igkb.org/die-igkb/news-detail/der-klimawandel-heizt-dem-bodensee-ein-18-08-2022>
- Pressemitteilung zum Klimawandel am Bodensee „Den Klimawandel meistern“ (10.11.2022): <https://www.igkb.org/die-igkb/news-detail/den-klimawandel-meistern-10-11-2022>
- Jahresbericht: Limnologischer Zustand des Bodensees Nr. 45 (2022-2023): https://www.igkb.org/fileadmin/user_upload/Downloads/Publikationen/45_gb45gesamtbericht.pdf

EU (European Drought Observatory – EDO, in het Engels):

- Link to EDO drought reports for the year 2022:
 - General links:
 - https://joint-research-centre.ec.europa.eu/european-and-global-drought-observatories/drought-reports_en#ref-2022
 - <https://climate.copernicus.eu/esotc/2022/drought> , <https://climate.copernicus.eu/esotc/2022>
 - Sub-reports:
 - Toreti, A., Bavera, D., Avanzi, F., Cammalleri, C., De Felice, M., De Jager, A., Di Ciollo, C., Gabellani, S., Gardella, M., Leoni, P., Maetens, W., Magni, D., Manfron, G., Masante, D., Mazzeschi, M., McCormick, N., Naumann, G., Niemeyer, S., Rossi, L., Seguini, L., Spinoni, J. and Van Den Berg, M., *Drought in Europe - April 2022*, EUR 31065 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-52327-7, doi:10.2760/40384, JRC129395.
 - Toreti, A., Masante, D., Acosta Navarro, J., Bavera, D., Cammalleri, C., De Jager, A., Di Ciollo, C., Hrast Essenfelder, A., Maetens, W., Magni, D., Mazzeschi, M., Spinoni, J. and De Felice, M., *Drought in Europe July 2022*, EUR 31147 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-54953-6, doi:10.2760/014884, JRC130253.
 - Toreti, A., Bavera, D., Acosta Navarro, J., Cammalleri, C., De Jager, A., Di Ciollo, C., Hrast Essenfelder, A., Maetens, W., Magni, D., Masante, D., Mazzeschi, M., Niemeyer, S. and Spinoni, J., *Drought in Europe August 2022*, EUR 31192 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-55855-2, doi:10.2760/264241, JRC130493.
 - Toreti, A., Bavera, D., Acosta Navarro, J., Cammalleri, C., De Jager, A., Di Ciollo, C., Hrast Essenfelder, A., Maetens, W., Magni, D., Masante, D., Mazzeschi, M., Niemeyer, S. and Spinoni, J., *Water scarcity in the Netherlands August 2022*, EUR 31176 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-55620-6, doi:10.2760/41027, JRC130436.
- Link to EDO drought reports for the year 2023: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/european-and-global-drought-observatories/drought-reports_en#ref-2023
- Current drought situation:
 - https://joint-research-centre.ec.europa.eu/european-and-global-drought-observatories/current-drought-situation-europe_en
 - <https://drought.emergency.copernicus.eu/>
 - <https://drought.emergency.copernicus.eu/tumbo/edo/map/>
- Rossi, L., Wens, M., De Moel, H., Cotti, D., Sabino Siemons, A., Toreti, A., Maetens, W., Masante, D., Van Loon, A., Hagenlocher, M., Rudari, R., Naumann, G., Meroni, M., Avanzi, F., Isabellon, M. and Barbosa, P., *European Drought Risk Atlas*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, [doi:10.2760/33211](https://doi.org/10.2760/33211), [JRC135215](https://doi.org/10.2760/33211).

Media/pers/internet:

- Emanuele Bevacqua, Oldrich Rakovec, Dominik L. Schumacher, Rohini Kumar, Stephan Thober, Luis Samaniego, Sonia I. Seneviratne, and Jakob Zscheischler: Direct and lagged climate change effects intensified the 2022 European drought. Nature Geoscience <https://www.nature.com/articles/s41561-024-01559-2> (*Dürre 2022: Welchen Anteil hatte der Klimawandel?*)
- <https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/prognose-niedrigwasser-rhein-2022-100.html>
- <https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/niedrigwasser-auf-rhein-folgen-fuer-rlp-wirtschaft-100.html>
- <https://www.dw.com/de/rhein-niedrigwasser-belastet-wirtschaft-immer-mehr/a-62723111>
- <https://www.dw.com/de/trockenheit-niedrigwasser-am-rhein-schadet-wirtschaft/a-62528630>
- <https://www.dw.com/de/d%C3%BCrre-niederlande-setzen-notfallplan-in-gang/a-62699934>
- <https://www.dw.com/de/niedrigwasser-im-rhein-bremst-konjunktur/a-66155570>
- https://de.wikipedia.org/wiki/Dürre_und_Hitze_in_Europa_2022
- https://de.wikipedia.org/wiki/Umweltauswirkungen_der_COVID-19-Pandemie
- <https://www.rnd.de/wirtschaft/trockenheit-in-deutschland-das-niedrigwasser-im-rhein-gefaehrdet-kohlekraftwerke-NSYQHFXV3BE4RM764XV2NWTG5M.html>
- https://www.focus.de/finanzen/news/konjunktur/wichtigste-wasserstrasse-milliarden-verluste-niedrigwasser-im-rhein-bedroht-jetzt-industrie-in-deutschland_id_131868851.html
- <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energietraegern-sektoren>
- Instituut van de Duitse Economie (IW): <https://www.iwkoeln.de/studien/michael-groemling-tobias-hentze-holger-schaefer-eine-oekonomische-bilanz-nach-zwei-jahren.html>
- [Kreuzfahrt Aktuelles](#)
- [Reise vor9](#)
- <https://www.f2wald.org/>
- [Karlsruhe Insider](#)
- [BR.de](#)