



RWS INFORMATIE

Bronnen van bromide en bromaat in RWZI's

Datum	19 januari 2023
Versie	
Status	definitief

Colofon

Uitgegeven door RWS WVL
Auteur R.P.M. Berbee en A.C.H. Jans (RWS/WVL)
Informatie Rapport
Telefoon
Mobiel
E-mail rob.berbee@rws.nl

Datum 19 januari 2023
Versie
Status definitief

Versiebeheer

1		Themagroep Opkomende stoffen in oppervlaktewater
2		Werkgroep Opkomende stoffen

Inhoud

1	Samenvatting 4
2	Inleiding 5
3	Oorzaken aanwezigheid van bromide in het milieu 6
3.1.	Bromide en bromaat in RWZI's 6
3.1.1.	Routes van bromide naar de RWZI 6
3.1.1.1.	Via regenwater 7
3.1.1.2.	Bromide en bromaat in drinkwater 9
3.1.1.3.	Bromide door consumptie van zout in voedsel 11
3.1.1.4.	Bromide door waterontharding 11
3.1.1.5.	Gebruik van strooizout 11
3.2.	Bedrijfsmatige bronnen van bromide en bromaat 12
3.2.1.	Industriële waterontharding 12
3.2.2.	Afvalverbranding 12
3.2.3.	Bromide als toevoeging aan chloorbleekloog (als biocide) 12
3.2.4.	Bromaat in bleekloog 13
4	Samenvattend overzicht bromide 14
5	Relatieve bijdrage bromide routes op de belasting van RWZI's 15
6	Conclusies en aanbevelingen 18
6.1.	Conclusies 18
6.2.	Aanbevelingen 18
7	Referenties 19
8	Bijlage: Bromide in bedrijfsmatige lozingen 21
8.1.	Bijstoken biomassa Amercentrale 21
8.2.	Afvalverwerker 21
8.3.	Afvalverbranders 21

1 Samenvatting

Voor verdergaande verwijdering van geneesmiddelen en andere microverontreinigingen uit effluënten van RWZI's komen twee methoden in aanmerking: behandeling met ozon of met actief kool. Bij de behandeling met ozon kan het schadelijke bromaat ontstaan uit sporen bromide uit het afvalwater. De Nederlandse norm voor bromaat in ontvangend oppervlaktewater is vastgesteld op 1 µg/L. Bij de keuze voor nabehandeling met ozon is het mogelijk dat deze norm in het RWZI-effluent wordt overschreden. Wanneer actief kool voor nabehandeling wordt ingezet leidt dit tot extra CO₂-uitstoot bij verbranding van slib met daarin actief kool, maar niet tot de vorming van bromaat.

Voor het maken van een keuze voor de ene of andere nabehandelingstechniek (of wellicht een combinatie) is het van belang te weten hoeveel bromide er zit in het influent/effluent van RWZI's, maar ook welke bronnen daarachter schuil gaan. Kan op de bromidelozingen invloed worden uitgeoefend? In dit rapport is dit uitgewerkt.

Het rapport is opgesteld in opdracht van de werkgroep Opkomende stoffen van het ministerie van IenW/DGWB.

Een aantal bronnen van bromide is onderscheiden. Daarbij moet worden gedacht aan bromide in drinkwater, regenwater, strooizout, zout in levensmiddelen en zout voor waterontharding, bromide in industrieel afvalwater etc. Indien er gegevens beschikbaar zijn over bromaat zijn deze eveneens in dit rapport meegenomen.

Er is een inschatting gemaakt van de relatieve bijdragen van de verschillende bromidebronnen die naar de riolering en RWZI's wordt gevoerd. Daaruit kwam naar voren dat op jaarbasis bromide aanwezig in drinkwater voor meer dan 90% verantwoordelijk lijkt te zijn voor de bromidevracht naar RWZI's. Daarbij moet bedacht worden dat drinkwater eigenlijk als doorgeefluik fungeert van bromide dat al de rivieren aanwezig is. In de drinkwaterzuiveringsinstallaties wordt bromide niet tegengehouden. In tegenstelling tot verwacht lijkt de bijdrage van bromide via door zee beïnvloede neerslag (*sea spray*), minder van belang.

Opvallend grote lozingen van bromide op de rivieren vinden plaats door het gebruik van slijmbestrijdingsmiddelen in de papierindustrie. In het Nederlandse deel van het Rijnstroomgebied stijgt de bromideconcentratie. Dit is een aandachtspunt voor vergunningverlening aan deze bedrijven.

Lokaal zullen RWZI's waarop afvalwater van vuilverbranding terechtkomt ook kunnen worden geconfronteerd met hogere bromidevrachten (indicatief een paar honderd kg/installatie). Dit komt door verbranding van broomhoudende brandvertragers.

2 Inleiding

Voor de verregaande verwijdering van geneesmiddelen uit effluenten van RWZI's liggen momenteel twee mogelijkheden voor. Dat zijn behandeling met ozon of actief kool. Indien wordt gekozen voor ozonering moet rekening worden gehouden met de vorming van het bezwaarlijke bromaat door oxidatie van bromide. Bij behandeling met actief kool is dat niet het geval. Nadeel daarvan is echter dat er extra CO₂ vrijkomt wanneer zuiveringsslib en kool worden verbrand.

Onderzoek in Zwitserland bij ozonering van het effluent van biologische afvalwaterzuiveringen gaf aan dat er tot ca. 400 µg bromaat/L kan ontstaan (Soltermann, Abegglen, Götz, & von Gunten, 2016). De ozondosering lag in de range van 0,5 – 1,5 mg ozon/mg DOC in de effluenten bij bromideconcentraties in de range van 34 – 48000 µg/L. De Zwitserse ervaringen komen neer op een bromaatvorming van 0,3 – 31,7% mg bromaat/mg bromide in het effluent (0,2 – 19,8% op molbasis). Deze resultaten wijzen uit dat de concentratie van bromide in de effluenten van RWZI's van belang zijn.

Het omzettingsproduct bromaat is een zeer zorgwekkende stof. Het RIVM heeft een ecotoxicologische risicogrens afgeleid voor bromaat in oppervlaktewater van 50 µg/L. Het RIVM kon geen risicogrens afleiden voor de eventuele opname van bromaat door mensen via het eten van vis. De verwachting is dat de wettelijke kwaliteitseis voor drinkwater van 1 µg/L die route afdekt, maar er kon niet worden vastgesteld of dit ook geldt voor de ecotoxicologische risicogrens (Smit, 2021). Op basis hiervan heeft het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat de Nederlandse norm voor bromaat in ontvangend oppervlaktewater vastgesteld op 1 µg/L. Dit is relevant voor de keuze of nazuivering met ozon mogelijk is.

Voor het maken van een keuze voor de ene of andere nabehandelingstechniek (of wellicht een combinatie) is het daarom van belang te weten hoeveel bromide er zit in het influent / effluent van RWZI's, maar ook welke bronnen daarachter schuil gaan. In dit rapport wordt daarop ingegaan.

De verzamelde informatie in dit document zal door de Werkgroep Aanpak Opkomende Stoffen onder de aandacht worden gebracht bij de werkgroepen die actief zijn bij projecten gericht op verdergaande nabehandeling van effluenten van RWZI's. Indien beschikbaar is in dit document ook informatie toegevoegd over bronnen van bromaat.

3 Oorzaken aanwezigheid van bromide in het milieu

Er moet worden bedacht dat bromide van nature voor komt. Het heeft een natuurlijke associatie met chloride, natrium, magnesium en sulfaat in zeewater en brijnoplossingen. De gemiddelde concentraties bromide in zoet oppervlaktewater (30 µg bromide/L) en grondwater (35 µg/L) zijn veel lager dan die in zeewater (67 mg/L) (Reimann & de Caritat, 1998).

Er zijn uiteraard ook antropogene bronnen van bromide.

3.1. Bromide en bromaat in RWZI's

In de Watson-database¹ is nagegaan welke gegevens over bromide- en bromaatconcentraties gemeten zijn in effluenten van Nederlandse RWZI's (Emissieregistratie, 2022a). Tabel 1 geeft een overzicht van de concentraties bromide en in Tabel 2 die van bromaat. De gemiddelde concentratie van bromide in effluenten is 190 µg/L.

Tabel 1. Bromideconcentraties in effluenten van RWZI's periode 1990-2020 (µg/L).

RWZI	mini- mum	mediaan	gemiddelde	90- percentiel	maximum	aantal >rg	aantal metingen
Beilen	150	150	150	150	150	1	1
Echten	210	210	210	210	210	1	1
Heino	100	100	100	100	100	1	1
Steenwijk	90	90	90	90	90	1	1
Raalte	260	260	260	260	260	1	1
Ruurlo	100	145	145	181	190	2	2
Winterswijk	190	195	195	199	200	2	2
Nijkerk	60	60	60	60	60	1	1
Ede	270	270	270	270	270	1	1
Wervershoof	190	355	340	405	430	6	6
Leiden	0	180	138	240	280	8	12
Alle	0	200	190	352	430	25	29

Tabel 2. Bromaatconcentraties in effluenten van RWZI's periode 1990-2020 (µg/L).

RWZI	minimum	mediaan	gemiddelde	90- percentiel	maximum	aantal >rg	aantal metingen
Ruurlo	35	63	63	85	91	2	2
Winterswijk	0	22	22	41	45	1	2

3.1.1. Routes van bromide naar de RWZI

Potentiële bronnen naar de riolering zijn bromidehoudend regenwater, drinkwater, voedsel dat keuzenzout bevat en door mensen wordt uitgescheiden, bedrijfsmatige lozingen, maar in de winter bijvoorbeeld ook wegeenzout.

Achtereenvolgens zullen verschillende bronnen/oorzaken van bromide dat in rioolwater terecht komt worden behandeld.

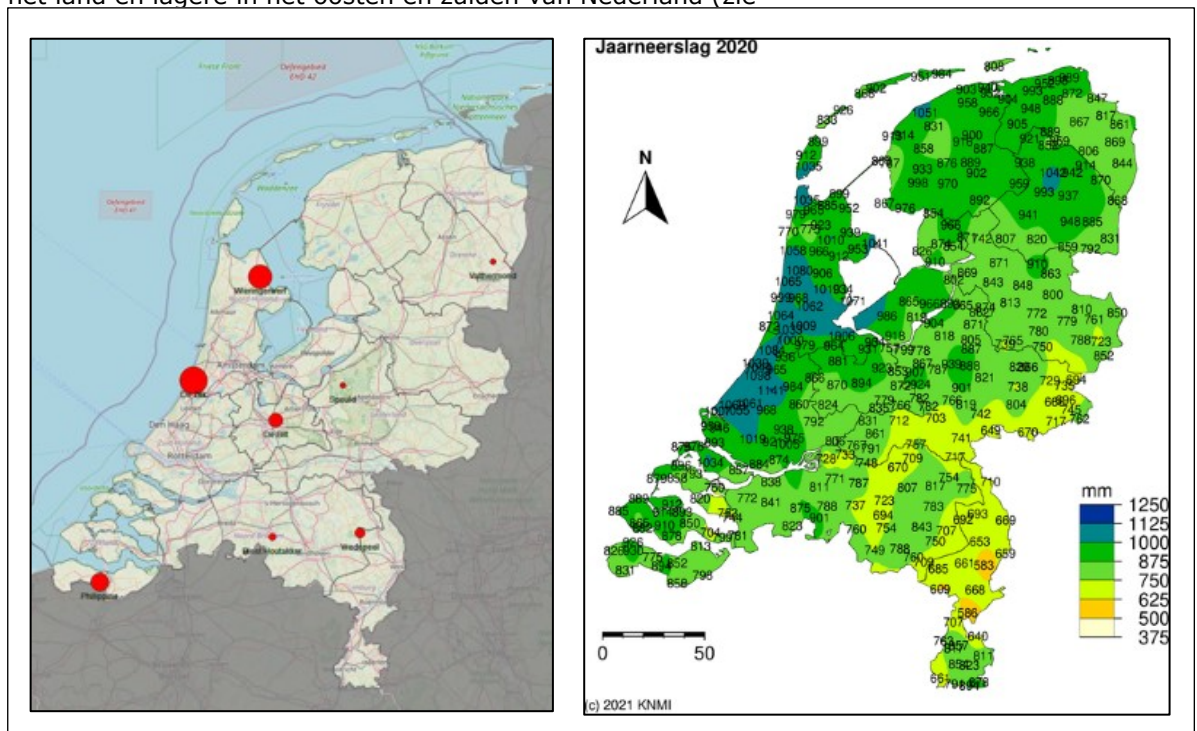
¹ Watson-database: <https://legacy.emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/wsn/default.aspx>

3.1.1.1. Via regenwater

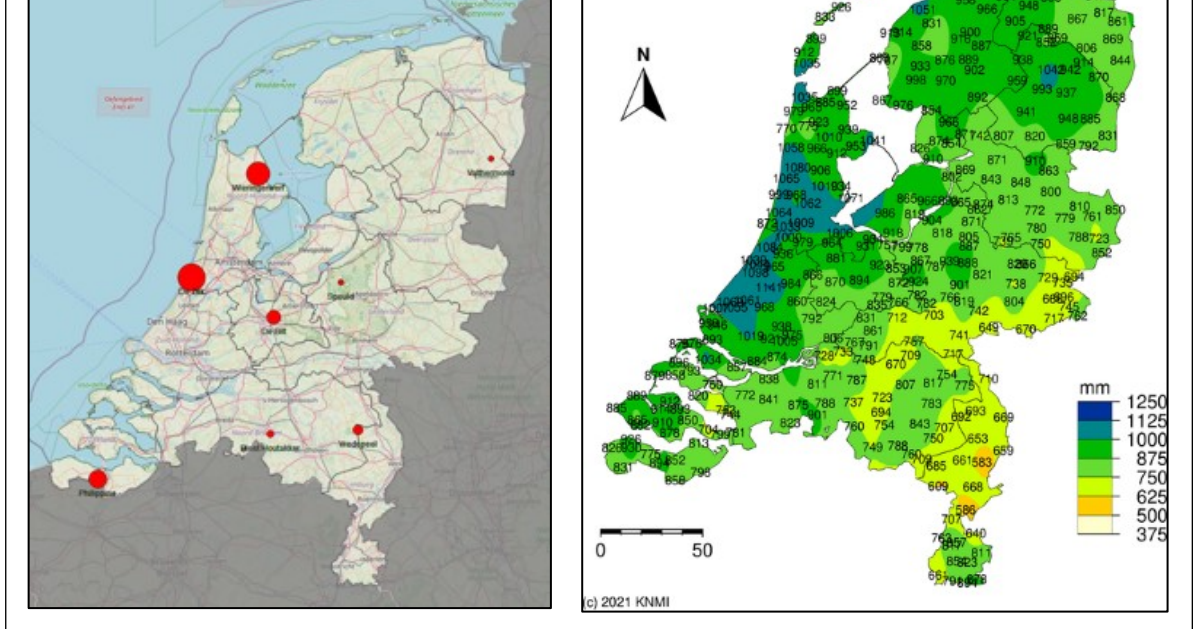
Het is bekend dat *sea spray* (opgewaaide zout-aerosolen) leidt tot verhoogde concentraties van chloride in de lucht en neerslag. Dit is vooral in de kuststrook het geval (O'Dowd & de Leeuw, 2007). Omdat bromide naast chloride ook voorkomt in zeewater zal bromide via neerslag door *sea spray* relevant kunnen zijn.

Bromide aanwezig in regenwater komt via afstroming van verhard oppervlak in de riolering en de RWZI's terecht. Er zijn geen Nederlandse meetgegevens van bromide in neerslag bekend. Daarom zijn inschattingen gemaakt op basis van gegevens over chloride in neerslag.

Bij het RIVM is navraag gedaan van de depositie van chloride in Nederland in 2020 (RIVM, 2022). Er is sprake van relatief hoge waarden van chloride in het westen van het land en lagere in het oosten en zuiden van Nederland (zie

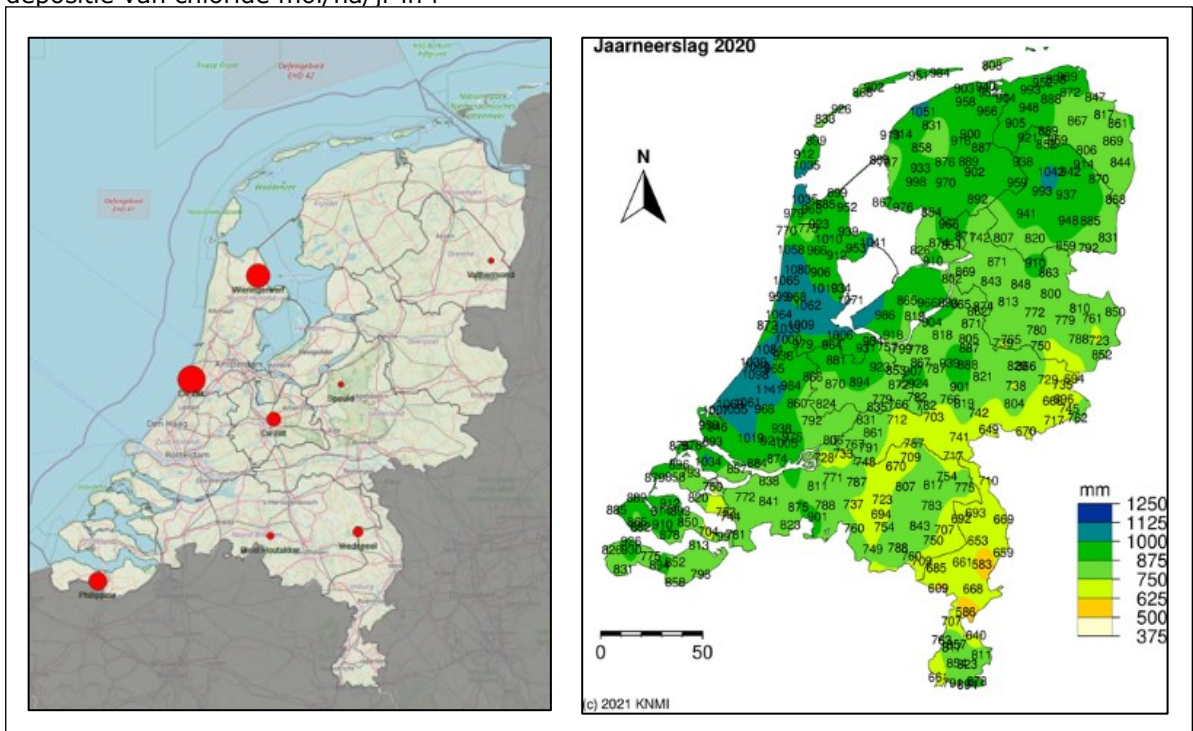


Figuur 1, links). Dit hangt samen met de verminderde invloed van *sea spray* gaande van west naar oost.

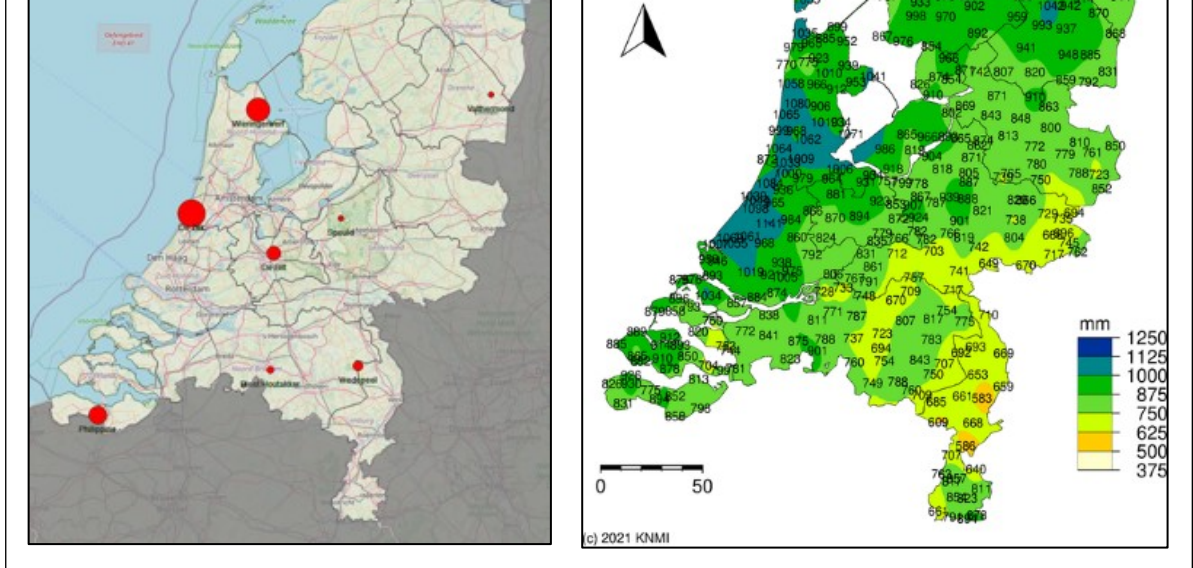


Figuur 1. Links: Chloridedepositie (mol/ha/jr) op meetstations in NL (2020). De grootte van de cirkels geeft een relatieve maat van de depositie. Het geeft ook een indruk van de invloed van sea spray bij de kust. De figuur rechts geeft de totale jaarneerslag in 2020.

Concentraties van chloride en bromide in neerslag zijn berekend met behulp van de depositie van chloride mol/ha/jr in f



Figuur 1 (links) (RIVM, 2022) en de hoeveelheid neerslag in 2020 (



Figuur 1, rechts) (KNMI, 2020). Voor de berekening van de bromideconcentratie is gebruik gemaakt van de verhouding tussen chloride en bromide in zeewater. De concentratie van chloride is een factor 287 hoger dan bromide (Waterinfo Rijkswaterstaat, 2022) (Reimann & de Caritat, 1998).

De resultaten van de berekeningen van de concentratie chloride en bromide in neerslag zijn terug te vinden in

Tabel 3.

Afhankelijk van de plaats in Nederland zullen de concentraties in neerslag naar schatting tussen de 3 en 11 μg bromide/L bedragen. De hoogste concentraties zullen in de nabijheid van zee worden gevonden.

Tabel 3. Concentraties van chloride (gemeten) en bromide (geschat) in neerslag.

KNMI-station	neerslag mm/jr	Cl mol/ha/jr	Cl	Br
			$\mu\text{g}/\text{L}$ (gemiddeld)	$\mu\text{g}/\text{L}$ (gemiddeld)
Vredepeel	775	329,118	1508	6
Biest Houtakker	901	253,211	998	4
Philippine	894	633,726	2516	9
De Zilk	1084	946,73	3100	11
Wieringerwerf	939	786,629	2974	11
De Bilt	894	477,01	1894	7
Speuld	818	190,692	828	3
Valthermond	868	211,311	864	3

3.1.1.2. Bromide en bromaat in drinkwater

Drinkwater kan bereid worden uit grondwater of oppervlaktewater. Op verzoek vanuit RWS hebben Vewin en KWR informatie aangeleverd over de aanwezigheid van bromide in grond- of oppervlaktewater dat wordt gebruikt om drinkwater van te maken (2015-2020) (Vewin/KWR, 2022). De gehalten van bromide in het drinkwater zelf zullen nauwelijks verschillen van de bron waaruit het komt. Bromide en chloride worden namelijk slecht verwijderd in drinkwaterzuiveringsinstallaties (Vewin, 2022). In

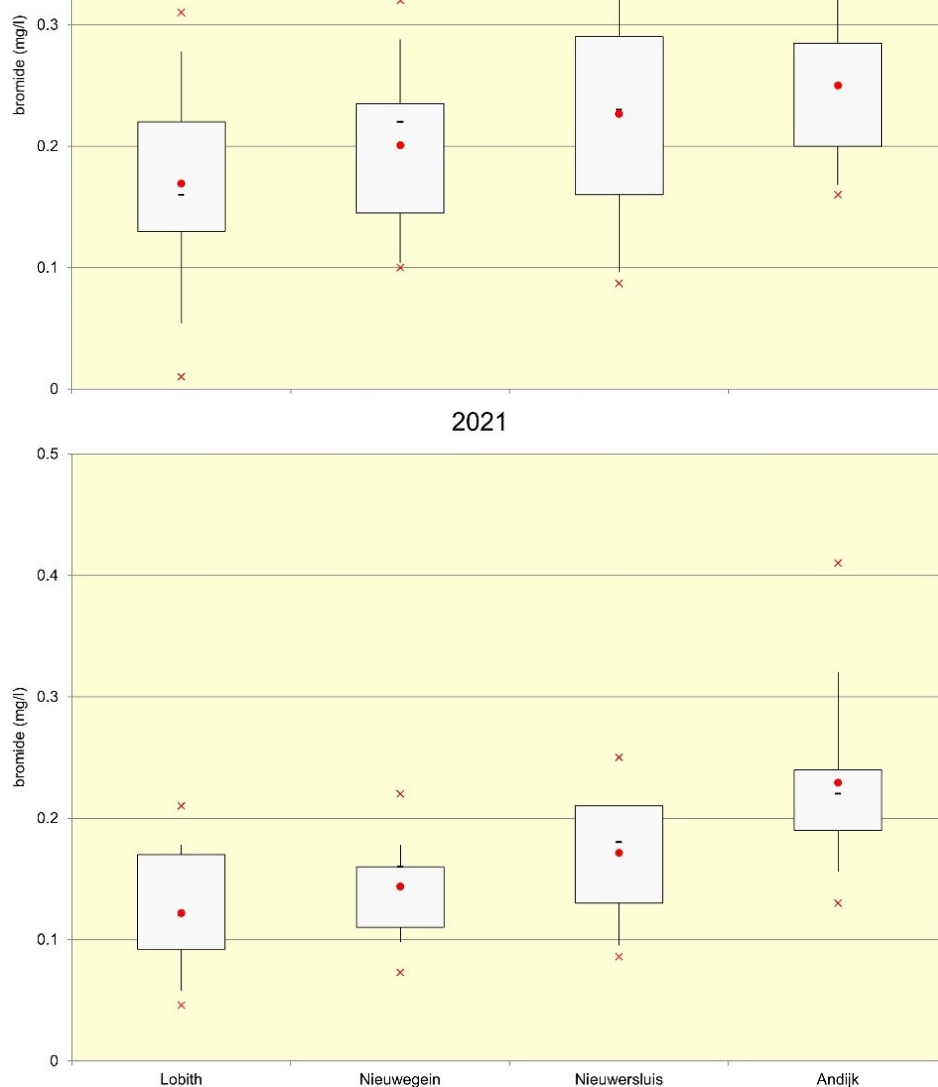
Figuur 2 is een samenvatting opgenomen van de beschikbare meetgegevens.



Figuur 2. Gemiddelde concentraties bromide en bromaat in grondwater (zwarte cijfers), en oppervlaktewater (blauwe cijfers) dat gebruikt wordt om drinkwater te maken. Gemiddelden van alle metingen over 2015 t/m 2020 per drinkwaterbedrijf zijn weergegeven. Gegevens ontleend aan REWAB-database (Vewin/KWR 2022).

Verwacht mag worden dat er in het drinkwater dat in Nederland wordt gebruikt tussen de 60 en 190 µg/L bromide aanwezig is. De concentratie bromide in grondwater (≤ 100 µg/L) ligt wat lager dan in oppervlaktewater. Dit komt voor het grootste deel in de riolering en zuiveringsinstallaties terecht. Bromaatgehalten in drinkwater zullen veelal onder de 0,5 – 1 µg/L liggen.

Ten aanzien van de aanwezigheid van bromide in drinkwater moet uiteraard worden bedacht dat dit wordt beïnvloed door de kwaliteit van oppervlaktewater. Zo zullen lozingen van bromide bovenstrooms van innamepunten leiden tot verhoogde bromidegehalten in drinkwater. In Nederland is gaande vanuit Lobith een stijging te zien van de gehalten van bromide (Figuur 3) (RIWA-Rijn, 2022).



Figuur 3. Boxplots van de concentraties bromide per rapportagepunt in 2020 en 2021. De monsterpunten zijn van links naar rechts weergegeven van stroomopwaarts naar stroomafwaarts (RIWA-Rijn, 2022).

3.1.1.3. Bromide door consumptie van zout in voedsel

In consumptiezout in Nederland zit normaliter tussen de 60 en 70 mg bromide per kg zout met uitschieters tot 130 mg Br/kg zout (ESCO salt, 2016). Per inwoner wordt er ongeveer 10 gram zout per persoon per dag gebruikt (van Rossum, Buurma-Rethans, Franssen, Verkaik-Kloosterman, & Hendriksen, 2012). Dit houdt in dat er ongeveer 0,65 mg bromide per persoon per dag wordt gebruikt. Na uitscheiding komt dit in het rioolwater terecht.

3.1.1.4. Bromide door waterontharding

We nemen aan dat per huishouden ongeveer 1 à 2 kg broxozout per jaar gebruikt wordt voor ontharding. Dit bevat net als consumptiezout waarschijnlijk ook 65 mg bromide/kg zout (aanneme). Dat komt overheen met 97,5 mg Br/jr. Aannemend dat één huishouden drie inwoners betreft (conform principe vervuilingheffing) betekent dit een bijdrage van 32,5 mg/inwoner/jr. In *all-in-one* vaatwastabletten zal ook zout dat sporen bromide bevat aanwezig kunnen zijn. In veiligheidsinformatiebladen van diverse producten is de hoeveelheid keukenzout meestal niet vermeld.

3.1.1.5. Gebruik van strooizout

Per preventieve strooibeurt wordt op normaal geasfalteerde wegen 7 g zout/m² gestrooid (Berbee, Rijs, & Brouwer, 1996). Maar bij ernstige gladheid zal meer worden gedoseerd. Zout dat wordt gebruikt voor strooizout bevat 30 – 60 mg bromide/kg (Nobian, 2021). Per vierkante meter weg komt er minimaal 0,32 mg bromide/m² behandelde weg vrij. Uit de hoeveelheid verhard oppervlak dat wordt behandeld en de frequentie van strooien kan in theorie de bijdrage van strooizout worden ingeschat per RWZI. Dit speelt uiteraard alleen als er sprake is van een gemengd rioolstelsel of een verbeterd gescheiden stelsel.

3.2. Bedrijfsmatige bronnen van bromide en bromaat

Bedrijfsmatige bronnen kunnen zowel emissies betreffen op de riolering of rechtstreeks op oppervlaktewater. Hieronder worden de bekende bronnen toegelicht.

3.2.1. Industriële waterontharding

Bij industriële sectoren waarin veel zout wordt gebruikt, zal ook bromide vrijkomen. Daarbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan de levensmiddelenindustrie. De hoeveelheden bromide die dat betreft zijn niet goed in te schatten.

3.2.2. Afvalverbranding

Ook bij afvalverbranding zal bromide vrijkomen. Dat komt waarschijnlijk door omzetting van broomhoudende brandvertragers in het verbrandingsproces. Dit soort brandvertragers komen voor in textiel en elektronica. In bijlage 1 zijn gegevens hierover opgenomen afkomstig van AVR Afvalverwerking.

AVR Rijnmond meet frequent bromide in verschillende lozingen (AVR, 2022):

- De RO zure rookgasreiniging lijn zit gemiddeld rond de 300 – 500 mg/L bromide (vracht onbekend).
- De RO basische rookgasreiniging lijn zit gemiddeld rond de 50 – 100 mg/L bromide (vracht onbekend).
- De BEC (biomassa) rookgasreiniging lijn zit gemiddeld rond de 10 – 30 mg/L bromide. Het gemiddelde debiet van deze stroom is 53 m³/dag. Dit leidt tot een vrijkomende jaarvracht van ca. 300 kg bromide/jaar.

Dit betekent dat bij verbrandingsinstallaties aangesloten op de riolering rekening moet worden gehouden met bromidemissies van enkele honderden kg bromide/jr, of lozingen rechtstreeks op oppervlaktewater.

Ook bij verbranding van biomassa kan extra bromide vrijkomen, maar het effect op de bromidelozing hiervan is zeer beperkt (zie bijlage 1).

3.2.3. Bromide als toevoeging aan chloorbleekloog (als biocide)

Bij behandeling van koeltorens tegen aangroei kan bromide vrijkomen bij gebruik van biocides. Dit betreft dan vaak combinaties van natriumbromide/chloorbleekloog of gebruik van BCDMH² (Berbee & Rutten, 2022). De hoeveelheden die op de riolering worden geloosd zijn onbekend.

Voor zover bekend wordt bij twee bedrijven in de papierindustrie ammoniumbromide toegevoegd aan chloorbleekloog (Vergunningverlening Rijkswaterstaat, 2022). Dit mengsel wordt vervolgens gebruikt als slijmbestrijdingsmiddel. De hoeveelheden waar het om gaat staan in Tabel 4. Lozing vindt plaats op Rijkswater. Wellicht is dit gebruik een van de oorzaken van de toename van het bromidegehalte in het Nederlandse deel van het Rijnstroomgebied (Figuur 3). Eén van de bedrijven probeert nu het gebruik van ammoniumbromide terug te dringen en te vervangen door ammoniumsulfaat.

Tabel 4. Bromidegebruik bij twee papierbedrijven (ton/jr).

Bedrijf	Additief	2019	2020	2021	2022
Bedrijf 1	NaOCl	1465	1298	1063	>924
	NH ₄ Br	1063	968	786	>568
	Bromidevracht uit NH ₄ Br	867	790	641	>463

² BCDMH is een biocide in tabletvorm. Het is een organische verbinding die ontleedt in water tot de actieve componenten HOCl en HOBr.

	NH ₄ SO ₄	>194
Bedrijf 2	bromide	134

3.2.4. *Bromaat in bleekloog*

In de vorige paragrafen is het vooral over bromide gegaan. Minder goed bekend is dat in chloorbleekloog ook bromaat voorkomt. Dit komt voor bij langere standtijd van bleekloog. In chloorbleekloog komt 34 – 70 mg bromaat/kg bleekloog voor (Berbee, 1997). Gemiddeld komt dat neer op 52 mg bromaat/kg bleekloog. Er wordt per jaar ongeveer 1200 ton chloorbleekloog³ gebruikt in huishoudens. Deze jaarlijkse gebruikte hoeveelheid bleekloog bevat circa 62 kg bromaat. Verdeeld over 17,4 miljoen mensen komt dit neer op 3,6 mg bromaat/inwoner/jaar. Omdat de hoeveelheid actief chloor in huishoudens in de loop van de jaren is afgenomen, moet de waarde van 3,6 mg bromaat/inwoner/jaar als bovenwaarde worden beschouwd.

In zwembaden wordt eveneens chloorbleekloog gebruikt (1800 ton/jr) (Ministerie van VROM, 1996). Ook in deze bleekloog zullen sporen van bromaat kunnen voorkomen. Water van zwembaden wordt periodiek gezuiverd in zandfilters. Via het op de riolering geloosde terugspoelwater van de zandfilters zullen sporen bromaat in de RWZI's terecht kunnen komen. Veroudering van chloorbleekloog zal in zwembaden minder van belang zijn omdat de doorloopsnelheid van chloorbleekloog veel korter is dan in huishoudens.

³ Bij opgaves van chloorbleeklooggebruik wordt altijd teruggerekend naar de hoeveelheid chloor die nodig was om de chloorbleekloog te maken.

4 Samenvattend overzicht bromide

In .

is de voornaamste informatie uit deze notitie samengevat. Er is sprake van een aantal min of meer continue bronnen en routes.

Tabel 5. Overzichtstabel bronnen van bromide.

Route	Concentratie/vracht bromide	Bijdrage via	Continue bijdrage?	Opmerking
Regenwater	3-11 µg/L; nabij zeewater ca. 11 µg/L;		Semi-continu	Zie Tabel 3
Drinkwater	60 - 190 µg/L		Ja	Zie Figuur 2
Zoutconsumptie	0,65 mg Br/inw./dag		Ja	
Waterontharding Strooizout	32,5 mg Br/inw./jr ≥0,32 mg Br/m ² weg		Sterk seizoensgebonden	
(Levensmiddelen)industrie	Onbekend		Ja	
Afvalverbranding	300 - 500 mg/L 50 - 100 mg/L 10 - 30 mg/L	zure reiniging basische reiniging biomassa reiniging	Ja	betreft deelstromen, zie bijlage 1
Bromide/chloorbleekloog	134 en >460 ton bromide/bedrijf	slijmbestrijdingsmiddel	Ja	Papierindustrie; ook in koeltorens
RWZI-effluent	60 - 430 µg/L Gem.: 190 µg/L	-	Ja	

5 Relatieve bijdrage bromide routes op de belasting van RWZI's

De gegevens in hoofdstuk 2 en 3 zijn kwalitatief van aard. In dit hoofdstuk is geprobeerd om via een meer modelmatige benadering een beeld te schetsen van het belang van verschillende bromideroutes naar de RWZI's.

Daarbij moet rekening worden gehouden met het type rioolstelsel waaruit het water uiteindelijk aankomt op de RWZI. Bij gescheiden stelsels en ten dele bij verbeterd gescheiden stelsels zal bijvoorbeeld bromidehoudend regenwater of slechts een deel daarvan een RWZI bereiken. Dit geldt uiteraard ook het strooien van zout in de winter. Het merendeel van de rioolstelsels in Nederland is gemengd (67%). Het percentage gescheiden riolering is ongeveer 25% (Emissieregistratie, 2022b).

Tijdens droog weer hebben we in principe te maken met bijdragen van drinkwater, dat sporen bromide bevat uit huishoudens en bedrijven, dat op een RWZI terecht komt. Door het CBS wordt jaarlijks bij alle RWZI's een inventarisatie gemaakt van het afgevoerde overall jaardebiet (CBS, 2022). Door de Droog Weer Afvoer (DWA) in mindering te brengen op het jaardebiet kan een inschatting worden gemaakt van de bijdrage van bromide in neerslag. Op jaarbasis kan op die wijze een beeld worden geschetst van het belang van de verschillende oorzaken waardoor bromide aankomt op een RWZI. Deze berekeningen zijn met behulp van de gegevens in hoofdstuk 2 en 3 gemaakt voor drie RWZI's. In Tabel 6 zijn de resultaten van de berekeningen terug te vinden. Het aandeel van de verschillende routes, indien er geen andere grote onbekende bronnen op de RWZI lozen, is ook gegeven. In figuur 4, 5 en 6 zijn de gegevens uit Tabel 6 grafisch weergegeven.

Tabel 6. Berekende bromidevracht naar drie voorbeeld-RWZI's door een aantal oorzaken (kg/jr)^a.

RWZI	drinkwater	regenwater	voedsel	waterontharding huishoudens	strooizout	totaal
Amsterdam-West	8.585	26	161	22,1	225	9.019
Dinther	951	31	52	7,1	nb	1.040
Den Helder	1.377	5	18	2,4	nb	1.402
Amsterdam-West	95,2%	0,3%	1,8%	0,2%	2,5%	
Dinther	91,4%	2,9%	5,0%	0,7%	nb	
Den Helder	98,2%	0,3%	1,3%	0,2%	nb	

^a De bijdrage:

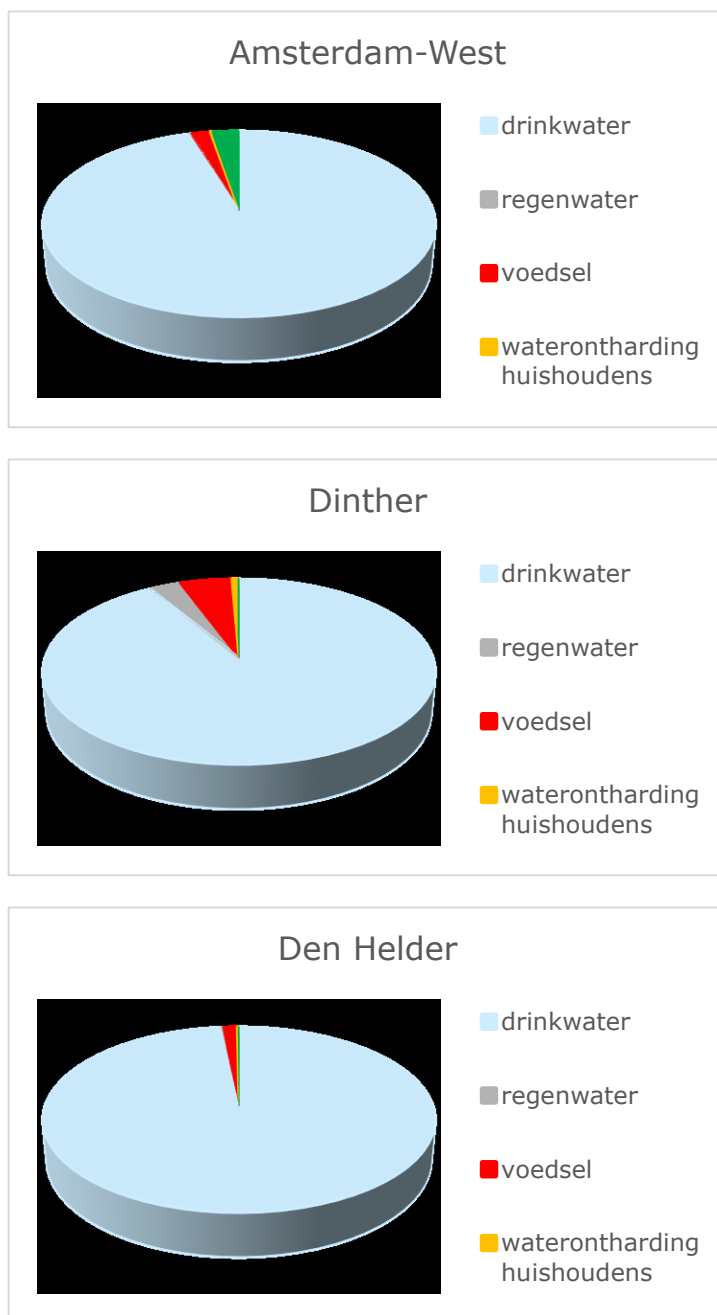
- via drinkwater is vastgesteld met gegevens over de droog weer afvoer⁴ en concentratiegegevens in
- Figuur 2;
- via regenwater is berekend door het verschil te bepalen tussen de jaarafvoer in 2022 en de droog weer afvoer, en de meest representatieve concentratie bromide in neerslag (
-

⁴ Droog weer afvoer (DWA) is in theorie de hoeveelheid water die bij droog weer naar een RWZI wordt gevoerd. Deze hoeveelheid kan worden beïnvloed doordat er gebiedsvreemd water meekomt. Daarbij moet bijvoorbeeld worden gedacht aan oppervlaktewater dat wordt meegezogen door ongelukkig liggende riolering.

In deze tabel is ook RWZI Dinther ook opgenomen. Voor deze locatie is een STOWA-methodiek gevolgd met een zeer nauwkeurige bepaling van de DWA (Mulder, van Voorthuizen, & Langeveld, 2020). De berekende gegevens van Dinther in bovenstaande tabel zijn het meest betrouwbaar.

- Tabel 3).
- via voedsel en waterontharding is berekend met het aantal huishoudelijk inwonerequivalenten op de betreffende RWZI's (CBS, 2022) en bromidehoeveelheid per inwoner;
- de bijdrage van strooizout in Amsterdam-West is geschat met gegevens van de gemeente (nu.nl, 2017).

De berekeningen laten zien dat op jaarbasis de bijdrage van het gebruikte drinkwater in alle gevallen het grootst is (>90%). Het moge duidelijk zijn dat onder winterse omstandigheden het aandeel van strooizout hoger zal zijn, maar dat zal nog beperkt zijn.



Figuur 4-6. Belastingroutes bromidevracht voor drie RWZI's.

Verder is het van belang om rekening te houden met lokale industriële bromidelozers. Bij grote verbrandingsinstallaties kan sprake zijn van een continue bromidevracht van honderden kilogrammen bromide per jaar (zie par. 2.2.2). Bij kleinere RWZI's kan dat van belang zijn. Bij papierfabrieken kan eveneens sprake zijn van zeer hoge bromidevrachten. Omdat de meeste papierfabrieken lozen op Rijkswater wordt daar geen directe invloed van verwacht op de RWZI's. Wel zijn daardoor de concentraties in oppervlaktewater hoger. Bij het maken van drinkwater uit oppervlaktewater leidt dat wel tot hogere bromide concentraties in drinkwater.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1. Conclusies

Uit deze inventarisatie is een aantal bronnen en routes van bromide naar voren gekomen. De volgende algemene conclusies kunnen worden getrokken. De informatie over bronnen is behulpzaam, maar geeft geen uitsluitsel over lokale situaties.

1. Belangrijke bronnen van de belasting met bromide op RWZI's zijn drinkwater⁵ (>90%), en daarnaast regenwater, voedselconsumptie en strooizout. De bijdrage van bromide in drinkwater lijkt veruit het belangrijkste te zijn. Ten onrechte wordt gedacht dat bromide in neerslag in de kuststrook overheersend is. Dat lijkt niet het geval te zijn. Voor de keuze van de nabehandeling van effluenten met ozon of actief kool is deze conclusie van belang.
2. Strooizout is eveneens van belang, maar is alleen in winterse periode relevant.
3. De bromidevracht afkomstig van verbrandingsinstallaties en biomassa-centrales kunnen lokaal bij sommige RWZI's een belangrijk aandeel leveren.
4. Aan de meeste bronnen waaruit bromide vrijkomt kan niet veel worden gedaan (bronaanpak niet mogelijk).
5. Een heel grote bron van bromide is het gebruik van de combinatie bromide/bleekloog in de papierindustrie (honderden tonnen bromide/jr). Daar wordt het ingezet als slijmbestrijdingsmiddel. Dit kan een van de oorzaken zijn dat er sprake is van stijging van de concentratie van bromide op drinkwaterinnamepunten in het Nederlandse Rijnstroomgebied.

6.2. Aanbevelingen

1. Het strekt tot aanbeveling om conclusie 1 uit deze notitie (drinkwateraandeel van groot belang), te toetsen door meting van bromide in de effluenten van RWZI's bij nat en droog weer. Deze informatie kan eveneens worden gebruikt om mogelijke vorming van bromaat bij ozonering in te schatten.
2. Het beeld leeft dat in de omgeving van zee er hoge concentratie bromide voorkomen in het regenwater. Deze notitie weerlegt dit. Het is wel aan te raden om bij RWZI's dicht bij zee met een losstaande regenmeter op RWZI's bromide analyses te doen in het regenwater. Bemonsteren van een regenwaterriool zal een veel minder nauwkeurig beeld geven. Korte regenbuien die niet tot afspoeling komen met sporen bromide daarin en vervolgens indampen, leiden bij uiteindelijke afspoeling bij grote buien tot te hoge waarden.
3. Bromide in drinkwater dat is gemaakt uit oppervlaktewater, wordt uiteraard beïnvloed door lozingen op de rivieren. In zekere zin is het drinkwater slechts een doorgeefluik, omdat bromide niet kan worden verwijderd tijdens de drinkwaterzuivering. Het is aan te raden om bij vergunningverlening aan bedrijven voor lozingen op zoet water ook rekening te houden met de aanwezigheid van bromide.

⁵ Wanneer drinkwater gemaakt is uit oppervlaktewater zijn de concentraties bromide hoger dan in geval van grondwater als bron. Omdat bromide of chloride niet wordt verwijderd in drinkwaterzuivering kunnen de gehalten in drinkwater gelijk gesteld worden aan de bron waaruit het komt.

7 Referenties

- AVR. (2022, januari 7). persoonlijke communicatie met RWS WNZ Vergunningverlening.
- Berbee, R. (1997). *Hoe omgaan met actief chloor in koelwater? RIZA rapport 97.077*. Rijkswaterstaat. Opgehaald van https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC_63472_31/
- Berbee, R., & Rutten, B. (2022). *Gebruik van hulpstoffen in circulatiekoelsystemen (in voorbereiding)*. Rijkswaterstaat.
- Berbee, R., Rijs, G., & Brouwer, M. d. (1996). *Behandeling afstromend wegwater van snelwegen*. Rijkswaterstaat RIZA. Opgehaald van https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC_24360_31/1/
- CBS. (2022). Database RWZI-base.
- Emissieregistratie. (2022a). Watson-database. Opgehaald van <https://legacy.emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/wsn/default.aspx>
- Emissieregistratie. (2022b). Rioleringsdata gebaseerd op RIONED-enquête van 2010.
- ESCO salt. (2016, december 16). persoonlijke communicatie met RWS WV (R. Berbee).
- KNMI. (2020). Jaarneerslagkaart.
- Ministerie van VROM. (1996). Niet-landbouwbestrijdingsmiddelen, Tweede Kamerdossier 25054.
- Mulder, M., van Voorthuizen, E., & Langeveld, J. (2020). *Verwijdering van organische microverontreinigingen*. STOWA. Opgehaald van <https://www.stowa.nl/publicaties/verwijdering-van-organische-microverontreinigingen-handvatten-voor-de-keuze-van>
- Nobian. (2021, december 15). persoonlijke communicatie met RWS WV (R. Berbee).
- nu.nl. (2017, november 30). *Gemeente Amsterdam legt 5 miljoen kilo strooizout klaar voor gladheid*. Opgehaald van [www.nu.nl: https://www.nu.nl/amsterdam/5030144/gemeente-amsterdam-legt-5-miljoen-kilo-strooizout-klaar-gladheid.html](https://www.nu.nl/amsterdam/5030144/gemeente-amsterdam-legt-5-miljoen-kilo-strooizout-klaar-gladheid.html)
- O'Dowd, C., & de Leeuw, G. (2007). Marine aerosol production: a review of the current knowledge. *Phil. Trans. R. Soc. A.*, 365, 1753-1774.
- Reimann, C., & de Caritat, P. (1998). Chemical Elements in the Environment. Factsheets for the Geochemist and Environmental Scientist. *Geol. Mag.*
- Rijkswaterstaat. (2022). Netwerkmanagement Informatie Systeem (NIS).
- RIVM. (2022, februari 10). persoonlijke communicatie met RWS WV (R. Berbee).
- RIWA-Rijn. (2022). *Jaarrapport 2021 De Rijn*. Opgehaald van <https://www.riwa-rijn.org/wp-content/uploads/2022/09/RIWA-2022-NL-Jaarrapport-2021-De-Rijn.pdf>

- RWS WNZ. (2022). persoonlijke communicatie tussen RWS WNZ Vergunningverlening en RWS WVL.
- Smit, C. (2021). *Risicogrenzen voor bromaat in oppervlaktewater*. RIVM. Opgehaald van <https://www.rivm.nl/publicaties/risicogrenzen-voor-bromaat-in-oppervlaktewater-afleiding-volgens-methodiek-van>
- Soltermann, F., Abegglen, C., Götz, C., & von Gunten, U. (2016). Bromide Sources and Loads in Swiss Surface Waters and Their Relevance for Bromate Formation during Wastewater Ozonation. *Environ. Sci. Technol.*, 50, 9825-9834.
- van Rossum, C., Buurma-Rethans, E., Fransen, H., Verkaik-Kloosterman, J., & Hendriksen, M. (2012). *Zoutconsumptie van kinderen en volwassenen in Nederland*. RIVM. Opgehaald van <https://www.rivm.nl/publicaties/zoutconsumptie-van-kinderen-en-volwassenen-in-nederland-resultaten-uit>
- Vergunningverlening Rijkswaterstaat. (2022). Waterwet vergunningdossiers 2022, persoonlijke communicatie met RWS WVL (R. Berbee).
- Vewin. (2022, oktober 27). persoonlijke communicatie met RWS WVL (R. Berbee).
- Vewin/KWR. (2022). REWAB database.
- Waterinfo Rijkswaterstaat. (2022). Opgehaald van waterinfo.rws.nl

8 Bijlage: Bromide in bedrijfsmatige lozingen

8.1. Bijstoken biomassa Amercentrale

Bij de Amercentrale (AC) was/is het de bedoeling om biomassa te gaan bijstoken. Het effect van bijstoken op de bromidelozing is terug te vinden in Tabel 7. De reguliere lozing van de Amercentrale bevat tussen de 4,6 en 100 mg bromide/L (Rijkswaterstaat, 2022).

Tabel 7. Het effect blijkt volgens de MER-rapportage beperkt te zijn (RWS WNZ, 2022).

	20 maart 2020	27 maart 2020	3 april 2020
% biomassa	73%	70%	16%
Bromide in afvalwater-behandelingsinstallatie (ABI)	1,5 mg/L	1,6 mg/L	1,5 mg/L
Lozing ABI AC9 2009	22.538 m ³ /jaar	22.538 m ³ /jaar	22.538 m ³ /jaar
Lozing ABI AC9 2010	20.572 m ³ /jaar	20.572 m ³ /jaar	20.572 m ³ /jaar
Broomvracht ABI	33,8 kg/jaar	36,1 kg/jaar	33,8 kg/jaar
Broomvracht Maas 2009 (minimum)	1538 kg/dag	1538 kg/dag	1538 kg/dag
Broomvracht Maas 2010 (maximum)	2420 kg/dag	2420 kg/dag	2420 kg/dag
Aandeel AC-lozing op Maas (minimum)	0,006%	0,006%	0,006%
Aandeel AC-lozing op Maas (maximum)	0,004%	0,004%	0,004%

8.2. Afvalverwerker

Bij VBM (bedrijfsafvalverwerker, mede handelend onder de naam Mineralz Maasvlakte) wordt bromide ver boven de achtergrondwaarde gemeten. Dit heeft geen directe invloed op de drinkwaterinname, maar is wel interessant qua rookgasreiniging. Concentraties tussen de 93 en 290 mg Br/L worden gevonden (Rijkswaterstaat, 2022). Het achtergrondgehalte in het ingetrokken zoute oppervlaktewater (40 mg bromide/L) is uiteraard ook van belang.

8.3. Afvalverbranders

AVR Rijnmond meet frequent bromide in verschillende lozingen (AVR, 2022).

- De RO zure rookgasreiniging lijn zit gemiddeld rond de 300-500 mg/L bromide.
- De RO basische rookgasreiniging lijn zit gemiddeld rond de 50-100 mg/L bromide.
- De BEC (biomassa) rookgasreiniging lijn zit gemiddeld rond de 10-30 mg/L bromide.

Qua ratio Cl/Br is hier naar waarschijnlijkheid weinig over te zeggen, aangezien er HCl in de zure stap wordt gedoseerd (pH 1) en er verschillende concentratiestappen zich in het proces bevinden.

Daarnaast geeft AVR aan dat ze weten dat afval van brandvertragende middelen (textiel, elektronica) bekend staat als de voornaamste bron van bromide (voorbeeld: afval uit het VK, waar hogere brandvertragende eisen worden gesteld, bevat in het algemeen meer bromide).

Voor de overige vestigingen geeft AVR aan dat AVR Duiven zelf geen bromidemetingen uitvoert in verband met beperkte mogelijkheden van het laboratorium, en loost via de lokale RWZI.

Andere locaties (onduidelijk welke dit zijn), zouden ook aangesloten zijn op lokale RWZI's.