Risico-evaluatie Bunschoten

Een evaluatie van ecologische en landbouwkundige risico's in de polder gelegen aan de Westdijk te Bunschoten

Paul Römken, Joost Lahr, Ellen Brand

Risico-evaluatie Bunschoten

Een evaluatie van ecologische en landbouwkundige risico's in de polder gelegen aan de Westdijk te Bunschoten

Paul Römken¹, Joost Lahr¹, Ellen Brand²

1 Wageningen Environmental Research

2 Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in samenwerking met RIVM in opdracht van en gefinancierd door Waterschap Vallei en Veluwe.

Wageningen Environmental Research
Wageningen, juli 2019

Gereviewd door:

P. Otte (RIVM), T. Traas (RIVM), G.J. Reinds (WENR)

Akkoord voor publicatie:

G.J. Reinds, teamleider Duurzaam Bodemgebruik (WENR)

Rapport 2955
ISSN 1566-7197

In het poldergebied gelegen achter de met TGG opgehoogde dijk te Bunschoten is sprake van verhoogde concentraties aan met name zouten in grond- en oppervlaktewater in de teensloot achter de dijk en, in mindere mate, in de sloten in het achterliggende poldergebied. Concentraties in het slootwater zijn met name hoog in de winterperiode en overschrijden dan voor chloride, ammonium en sulfaat de advieswaarden voor veedrenking en gewasgroei (gras). Aanvullende metingen van de bodemkwaliteit van met baggerspecie behandelde percelen laten een beperkte invloed zien van het opbrengen van bagger op de concentraties van stoffen in de bodem. Een toename van de concentratie is beperkt gemeten voor zouten en niet of veel minder voor niet-mobiele stoffen (o.a. metalen). Voor de metalen geldt dat de samenstelling van de bagger zodanig is dat er volgens de huidige wetgeving geen beperking geldt voor het opbrengen op de kant. Echter voor chloride en sulfaat moet de zorgplicht worden aangehouden. Risico's voor weidevogels lijken beperkt, gezien de geringe invloed van de waterkwaliteit op de gebiedsgemiddelde omgevingskwaliteit. Lokaal zijn de bodemcondities zodanig dat effecten op bodemfauna en gewasgroei aannemelijk of reëel zijn, zeker bij de plekken waar zoutvorming is opgetreden. Deze effecten zijn echter vooralsnog beperkt tot kleine gebieden. Afdammen van de sloten grenzend aan de teensloot lijkt niet afdoende om de intrusie van zout te voorkomen, zoals blijkt uit de eenmalige monitoring van de concentraties aan zouten in een aantal afgedamde sloten. Korte-termijn-aanbevelingen zijn o.a. het continueren van het doorspoelen van de sloten, het niet gebruiken van het water uit de teensloot voor drinkwater (vee), het monitoren van het geleidingsvermogen in de afgedamde sloten gedurende het seizoen dat de percelen beweid worden en een aangepast baggerbeheer i.v.m. chloride en sulfaat.

Trefwoorden: thermisch gereinigde grond, uitloging, zout, ecologische risico, landbouw

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/495223> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

2019 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Inhoud

	Verantwoording	5
	Woord vooraf	7
	Samenvatting	9
1	Inleiding	13
2	Gebiedsinformatie: concentraties in sediment, bodem en oppervlaktewater	15
2.1	Gebiedsoverzicht, indeling en landgebruik	15
2.1.1	Gebiedsoverzicht en indeling	15
2.1.2	Landgebruik en beheersmaatregelen	16
2.2	Waterbodem – Sediment	18
2.3	Grondwaterdata	18
2.4	Oppervlaktewater: niet-afgedamde sloten en teensloot	21
2.5	Oppervlaktewater: afgedamde sloten	24
2.6	Bodem	26
2.7	Witte vlek	29
3	Beoordelingskader zoals gebruikt in deze studie	30
3.1	Wettelijk normenkader bodem en baggerspecie	30
3.1.1	Zorgplicht	30
3.1.2	Circulaire bodemsanering	30
3.1.3	Besluit bodemkwaliteit	31
3.1.4	Toetsing baggerspecie op aangrenzend perceel	32
3.2	Wettelijk normkader waterbodem	33
3.3	Advieswaarden vee en landbouwkundige doeleinden	33
3.4	Overige advieswaarden, richtlijnen en indicatieve waarden	34
3.4.1	Kwaliteit Oppervlaktewater t.b.v. veedrenking en irrigatiewater	34
3.5	Risicoboordeling Ecologie	36
3.5.1	Bestaande risicogrenzen	36
3.5.2	Aanvullende literatuuranalyse ecologie	36
4	Risico's	40
4.1	Risico's voor landbouw	40
4.1.1	Veedrenking	41
4.1.2	Landbouwbodem	42
4.1.3	Schade aan gewas bij gebruik van brak of zout irrigatiewater	42
4.2	Ecologische risico's	43
4.2.1	Overschrijding van ecologische grenswaarden in de bodem	43
4.2.2	Aanvullende analyses bodemfauna en microbiële bodemprocessen	44
4.2.3	Weidevogels	45
5	Conclusies en aanbevelingen	48
5.1	Algemene omgevingskwaliteit	48
5.2	Afzet van baggerspecie op aangrenzend perceel	48
5.3	Risico's voor bodemdieren en bodemprocessen	49
5.4	Risico's voor Weidevogels	49
5.5	Risico's voor Landbouw: veedrenking	49
5.6	Risico's voor landbouw: gewaskwaliteit/-productie	49

5.7	Risico's voor landbouw: bodemkwaliteit	50
5.8	Conclusies per deelgebied	50
5.9	Aanbevelingen	51
Literatuur		52
Bijlage 1	Richtlijn Veedrenking Canada	55
Bijlage 2	Nederlandse richtlijnen voor waterkwaliteit voor veedrenking (GD, 2019)	56
Bijlage 3	Overzicht van advieswaarden voor waterkwaliteit (bron: Huinink, 2011)	57
Bijlage 4	Verloop van concentraties aan stoffen in oppervlaktewater	58

Verantwoording

Rapport: 2955

Projectnummer: 5200045370

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van onze eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord Referent die het heeft beoordeeld,

functie: Teamleider Duurzaam Bodemgebruik

naam: G.J. Reinds

datum: 13 juni 2019

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: G.J. Reinds

datum: 20 juni 2019

Woord vooraf

Door het Waterschap Vallei en Veluwe is aan RIVM en WENR gevraagd een evaluatie te maken van de mogelijke risico's voor landbouw en ecologie in de polder, gelegen achter de Westdijk te Bunschoten. Deze dijk is deels opgebouwd uit Thermisch Gereinigde Grond (TGG) waaruit de laatste jaren stoffen zijn uitgeloopt naar het onderliggend grondwater en aangrenzend oppervlaktewater. Dit heeft een aantoonbaar effect gehad op de kwaliteit van oppervlaktewater en sediment in de achterliggende polder in die zin dat onder andere in grondwater, oppervlaktewater en sediment verhoogde concentraties aan onder meer zouten en metalen zijn aangetroffen.

Concreet is daarom aan RIVM en WENR gevraagd antwoord te geven op de volgende vragen:

- Kan het belaste water nog steeds gebruikt worden als inlaatwater of drinkwater voor vee of is het beter dit in het voorjaar niet meer te doen/gebruiken?
- Kan de bagger zonder beperking op het land gebracht worden, rekening houdend met zowel bodemecologie als risico's voor vee (koeien) en daarmee uiteindelijk ook voor de productkwaliteit (melk/vlees)?
- Is de huidige bodemkwaliteit in de percelen die beïnvloed worden door het water/bagger zodanig dat dit van invloed is op de gezondheid van weidevogels?

Centraal in deze studie staat de beoordeling van de *kwaliteit* van water en waterbodem in het licht van de voornoemde drie vragen. Expliciet uitgesloten van deze studie is de beoordeling van effecten van maatregelen die in het verleden genomen zijn om de kwaliteit van water en/of sediment te verbeteren. Ook uitgesloten is een analyse van het verspreidingsgedrag van stoffen uit de dijk zelf. De beoordeling richt zich uitsluitend op de huidige kwaliteit, waarbij de aanname is dat de in de dijk aanwezige TGG binnen afzienbare tijd verwijderd wordt. Een beoordeling van mogelijke lange termijn effecten en daaraan gerelateerde risico's die kunnen ontstaan als de dijk niet verwijderd wordt, valt buiten de scope van deze studie.

Tot slot: de huidige kwaliteit van water en waterbodem wordt uiteraard sterk beïnvloed door alle reeds genomen maatregelen (o.a. doorspoelen van sloten, opzetten van grondwaterstand), opgetreden extremen in weer (zoals de droge zomer van 2018) of de manier van aanwenden van bagger op de kant. De relaties tussen dit soort maatregelen of events enerzijds en de kwaliteit van water, sediment en/of landbodem anderzijds, zijn op basis van de beschikbare data echter niet te herleiden. In deze rapportage wordt daarom ook niet getracht de invloed van dergelijke maatregelen te duiden, maar beperken we ons tot een evaluatie van de kwaliteit van water, waterbodem en landbodem in relatie tot risico's voor landbouw en ecologie.

Samenvatting

In het oppervlaktewater, sediment/baggerspecie, bodem en grondwater – gelegen achter de Westdijk te Bunschoten – zijn verhoogde concentraties aan onder meer zouten aangetroffen, waarvan het vermoeden bestaat dat deze afkomstig zijn uit de Thermisch Gereinigde Grond (TGG) die in de dijk aanwezig is. In opdracht van Waterschap Vallei en Veluwe is door Wageningen Environmental Research en RIVM een compilatie gemaakt van de beschikbare data. Dit betreft metingen van stoffen (met name zouten, metalen en organische contaminanten) in oppervlaktewater, grondwater, sediment en bodem waarbij de dijk zelf (en de daarin aangebrachte TGG) in deze evaluatie niet wordt beschouwd. Voor grondwater, sediment en bodem betreft dit deels enkelvoudige, deels meermalige (o.a. grondwater) metingen aan de samenstelling, terwijl voor oppervlaktewater een monitoring heeft plaatsgevonden van 2017 tot en met heden. Deze studie heeft als doel de *huidige* kwaliteit op basis van bestaande monitoringsdata voor oppervlaktewater, sediment (baggerspecie) en bodem te beoordelen in het licht van ecologische en landbouwkundige risico's, voor zover de data beschikbaar zijn voor de genoemde media (water/baggerspecie/bodem). Dit betreft dus uitsluitend het naast de dijk (en verder weg) gelegen gebied, d.w.z. het daar aanwezige oppervlaktewater, sediment en bodem. Daartoe is deels gebruikgemaakt van de bestaande beoordelingskaders voor de beoordeling van omgevingskwaliteit (maximale waarden voor toepassing van baggerspecie en ecologische risicogrenzen voor bodem). Daarnaast is, specifiek voor zouten, een inventarisatie gemaakt van ecologische effectdata die een indicatie geven van te verwachten ecologische effecten. Deze zijn, in combinatie met bestaande risicogrenswaarden, gebruikt om in te schatten in welke mate bodemfauna beïnvloed wordt door de samenstelling van de bodem- en waterkwaliteit. Daarnaast is een inschatting gemaakt van de risico's voor weidevogels als gevolg van het gebruik van oppervlaktewater ten behoeve van plas-drasgebieden. Voor landbouw berust de beoordeling van de bodem- en waterkwaliteit deels op de vigerende normen volgens het Besluit Bodemkwaliteit (Bbk) en de bijbehorende Regeling Bodemkwaliteit (Rbk) (o.a. voor metalen), terwijl ook gebruik is gemaakt van advieswaarden (voor metalen) voor diergezondheid. Tot slot is de kwaliteit van het oppervlaktewater beoordeeld voor geschiktheid voor veedrenking en irrigatie (in relatie tot gewasgroei).

Het is belangrijk te beseffen dat de data voor de beoordeling van water, sediment en bodem zijn beïnvloed door een aantal beheersmaatregelen die gedurende 2017 tot en met heden genomen zijn. Dit betreft vooral het doorspoelen van de sloten met schoon water dat niet is beïnvloed door de dijk of het afdammen van de kavelsloten (kopsloten) aan de zijde van de teensloot. Een ander voorbeeld is het gebruik van water uit de Noorderwetering die in open verbinding met de teensloot staat ten behoeve van het creëren van een plas-drassituatie. Als gevolg van deze open verbinding bevatte het water dat aldus is ingelaten hoge concentraties zout.

Beheersmaatregelen zijn van invloed op de kwaliteit van water en/of bodem. Deze studie heeft echter tot doel het beoordelen van de actuele kwaliteit van water, sediment en bodem, en richt zich daarom niet op het evalueren van de invloed van de genomen maatregelen en/of eenmalige acties.

In deze samenvatting groeperen we de resultaten van de data-analyse aan de hand van drie te onderscheiden deelgebieden: 1 de teensloot direct naast de dijk en omliggende oevers, 2 de afgedamde sloten grenzend aan de teensloot en 3 het achterliggende polderlandschap, bestaande uit grasland en sloten. Deze laatste worden namelijk, anders dan de afgedamde sloten, gedurende het jaar ververs met water afkomstig uit watergangen van buiten het onderzoeksgebied.

Kwaliteit en potentiële risico's teensloot en omliggende oevers (deelgebied 1)

De kwaliteit van het water in de teensloten vertoont een grote jaarlijkse variatie met sterk verhoogde concentraties van vooral zouten (natrium, chloride, sulfaat, bromide en fluoride) en – lokaal – verhoogde concentraties aan o.a. vanadium, molybdeen en strontium. Voor deze laatste stoffen geldt dat er sprake is van een grote ruimtelijke en temporele variatie. Deze jaarlijkse variatie is gerelateerd aan het doorspoelen van met name de teensloot met schoon oppervlaktewater en voortgaande

uitloging uit de dijk zelf. Uit de beschikbare data van deelstudies blijkt dat de concentraties van met name zouten en stoffen als molybdeen in deels sterk verhoogde concentraties in de teensloot voorkomen. Deze verhoogde concentraties komen vrijwel uitsluitend voor in de winter. Dit is wellicht het gevolg van directe uitloging uit de dijk naar het water in de teensloot in perioden met een netto beerslagoverschot. De beoordeling van de effecten in relatie tot ecologische en landbouwkundige risico's is gebeurd aan de hand van de uiteindelijke kwaliteit (en gemeten variatie daarin), los van of er gespoeld is of niet. In het algemeen geldt dat de waterkwaliteit in de winter van matige tot slechte kwaliteit is voor gebruik als drinkwater voor dieren, maar dat gedurende de periode mei-september de kwaliteit redelijk tot goed is en er in die periode geen directe risico's voor gebruik als irrigatie of drinkwater zijn (gebaseerd op de gemeten stoffen in de monitoring).

De oever van de dijk naast de teensloot wordt in hoge mate belast met zout en lokaal mogelijk ook met stoffen als vanadium en strontium (geen bodemdata, maar wel verhoogde concentraties in het grond- en oppervlaktewater gemeten), afkomstig uit de sloot zelf of via grondwater uit de dijk, wat resulteert in het voorkomen van witte vlekken (zoute uitslag). Als zodanig is de oever van de sloot dus van slechte kwaliteit (geen meetdata, gebaseerd op voorkomen van witte vlekken). Eventueel gebruik van maaisel als veevoer wordt afgeraden (geen data).

Kwaliteit en potentiële risico's afgedamde sloten grenzend aan de teensloot (deelgebied 2)

Oppervlaktewaterdata van de monitoring in april laten zien dat de waterkwaliteit in de afgedamde sloten deels overeenkomt met die van de teensloot, met name wat betreft de concentraties van de meest mobiele zouten (met name Na en Cl), wat erop wijst dat water uit de teensloot of onderliggend grondwater de kwaliteit van de afgedamde sloten beïnvloedt. Omdat dit een eenmalige meting betreft en niet bekend is of de verhoogde concentraties van Na en Cl afkomstig zijn uit grondwater dan wel oppervlaktewater, kunnen we niet inschatten in welke mate de concentraties in deze afgedamde sloten in de zomer veranderen. Gezien de hoge concentraties in deze sloten wordt monitoring van de geleidbaarheid (EC) aangeraden als relatief eenvoudig uit te voeren bepaling die direct te relateren is aan de geschiktheid van dit water voor veedrenking. Daarbij kan een EC van 4 mS cm^{-1} gebruikt worden als indicatieve bovengrens van water dat geschikt is voor veedrenking.

Data van het grondwater, in dit geval de data van de aanvullende bemonstering in februari 2019, tonen aan dat er sprake is van een verhoging van de concentratie aan natrium en chloride in het grondwater op een diepte van 2 tot 5 m -mv. In hoeverre de verhoging van natrium- en chlorideconcentraties veroorzaakt wordt door de TGG aanwezig in de dijk, valt buiten de scope van dit project. De gemeten maximale concentraties voor natrium en chloride liggen in dezelfde orde van grootte als die gemeten in oppervlaktewater dicht bij de dijk, ofschoon de variatie op korte afstand groot is, ook voor natrium ($53\text{-}1200 \text{ mg L}^{-1}$) en chloride ($64\text{-}2000 \text{ mg L}^{-1}$). Deze sterke variatie kan een indicatie zijn van een wisselende (in tijd en ruimte) lokale bijdrage. Voor vrijwel alle andere stoffen kan geen verhoging van de concentratie ten opzichte van gemeten concentraties in het nabij gelegen oppervlaktewater worden vastgesteld en ligt een groot deel van de gemeten concentraties aan metalen onder de detectiegrens. Alleen voor vanadium liggen de metingen in één raai (van de vier metingen) in dezelfde orde van grootte als die in het oppervlaktewater nabij de dijk.

In een van de percelen in dit deelgebied is in de zomer van 2018 een witte vlek ontstaan die na analyse vooral uit zout blijkt te bestaan. Het vermoeden bestaat dat deze is ontstaan als gevolg van inlaat van (zout) oppervlaktewater ten behoeve van het creëren van een plas-drassituatie voor weidevogels. Hierdoor is na verdamping van het water zout aan het bodemoppervlak neergeslagen. Specifieke data van de concentraties zout in de bodem ontbreken, maar het is aannemelijk dat de EC in de bodem in en nabij deze vlekken is zo hoog dat dit de groei van gras sterk reduceert (geen data). Naast de witte vlek uit de zomer van 2018, zijn recentelijk nieuwe witte vlekken ontstaan op een nabij gelegen perceel. Dit perceel heeft geen functie gehad als plas-drasgebied en de witte vlekken zijn mogelijk te relateren aan de verhoogde concentraties natrium en chloride in het grondwater. Zeker in droge perioden kan capillaire opstijging en verdamping van dit water met verhoogde concentraties natrium en chloride tot zoutvorming leiden. Voor de gewasproductie geldt dat indien dit zoute water op meer plekken de wortelzone bereikt, dit van invloed zal zijn op de groei. In het algemeen zal er bij EC-(geleidbaarheid)waarden van meer dan 7 mS cm^{-1} een productieverlies optreden. Voor de Westdijk ontbreken de data van de EC waardoor dit niet verder gekwantificeerd kan worden. Afgezien van een

mogelijke lokale reductie van de grasopbrengst hoeven voor dit deel van het gebied op basis van de bodem- en waterkwaliteit geen gebruiksbeperkingen ingesteld te worden.

Kwaliteit en potentiële risico's achterliggend polderlandschap (deelgebied 3)

Data van oppervlaktewater en bodem (inclusief bodem waar baggerspecie is opgebracht¹) tonen aan dat de water- en bodemkwaliteit niet sterk afwijken van die van referentiebodems in het gebied of gegevens van vergelijkbare (veen)gronden in Nederland. Als er al sprake is van een jaarlijkse fluctuatie van concentratie in de watergangen, o.a. voor zouten, dan leidt dit niet tot overschrijding van normen voor veedrenking. Op de plekken waar onderzoek is verricht naar de invloed van het opbrengen van baggerspecie zijn de concentraties aan de meeste metalen niet verhoogd t.o.v. die plekken waar geen baggerspecie is opgebracht. Alleen voor kobalt lijkt er een verband te bestaan tussen het opbrengen van specie en de gehalten in de bodem echter zonder dat deze verhoogde gehalten leiden tot risico's voor grazend vee. Voor o.a. nikkel en kobalt kan bovendien niet uitgesloten worden dat er lokaal sprake is van verhoogde (natuurlijke) achtergrondwaarden. Verdere analyse van de herkomst en mogelijke variatie in achtergrondconcentraties van o.a. kobalt en nikkel is op basis van de beperkte dataset niet mogelijk. In die plekken waar baggerspecie is opgebracht, is – in de bodem – in lichte mate sprake van accumulatie van zouten (natrium, kalium en sulfaat). Voor het bepalen van het effect daarvan op de groei van het gras zijn gegevens van de zoutsterkte in de bodem nodig en die zijn niet voorhanden. De effecten (toename van de concentraties zout in de bodem) zijn echter klein en de gemeten concentraties, ook in die plekken die zijn behandeld met baggerspecie, liggen in dezelfde orde van grootte (of lager) dan de mediane waarden van natrium en kalium in veen- of kleigronden in Nederland (Mol et al., 2012). Op basis van deze data hoeven in deelgebied 3 geen gebruiksbeperkingen ingesteld te worden.

Hieronder zijn de belangrijkste conclusies t.a.v. ecologische risico's en de kwaliteit van bagger samengevat zonder specifiek te verwijzen naar een deelgebied.

Ecologische risico's

Op enkele locaties overschrijden de gemeten concentraties van de metalen koper en nikkel in de bodem de maximale waarden voor landbouw/natuur (Achtergrondwaarde) dan wel de maximale ecologische waarden op middenniveau (HC20). Voor deze locaties kunnen ecologische risico's niet geheel worden uitgesloten, maar de effecten op het ecosysteem zijn waarschijnlijk aanvaardbaar vanwege de geringe mate van overschrijding. Omdat de gemeten concentraties op locaties met toepassing van baggerspecie overeenkomen met de van nature aanwezige concentraties, is er vermoedelijk geen sprake van een additionele verontreiniging.

Chloride, en waarschijnlijk ook sulfaat, overschrijdt op diverse locaties – waaronder de 'witte vlek' – de grenswaarde voor het Ernstig Risiconiveau voor ecologie. Aanvullende analyses wezen uit dat op deze plekken additionele negatieve effecten op de bodemfauna niet kunnen worden uitgesloten.

Indien de dijk in de nabije toekomst vervangen wordt, is de verwachting dat er geen sprake is van een risico van zouten voor weidevogels in het gebied. Indien de Westdijk in de huidige situatie in stand wordt gehouden, is een herevaluatie van de in dit onderzoek gehanteerde uitgangspunten noodzakelijk.

Baggerspecie op de kant

De concentraties in waterbodem zijn geanalyseerd en getoetst aan de daarvoor geldende wet- en regelgeving. Uit deze toetsing blijkt dat de waterbodemkwaliteit geschikt is voor verspreiding als baggerspecie op de kant.

Voor sulfaat en chloride in de casus Westdijk voorziet de regelgeving (Regeling bodemkwaliteit) niet in normen voor de toepassing van baggerspecie op de kant waardoor toetsing niet mogelijk is. Omdat deze stoffen in verhoogde concentraties worden aangetroffen in het sediment, dient daarom te worden teruggevallen op de zorgplicht. Er kan op meerdere manieren invulling worden gegeven aan de zorgplicht. De keuze en onderbouwing is aan het bevoegde gezag. Voorbeelden van maatregelen in deze casus zijn:

- Afzet van baggerspecie binnen het gebied, en met name baggerspecie uit de teensloot afzetten op de oever van de Westdijk (standstillprincipe).

¹ De gebruikte methode om slib en maaisel te verspreiden ('wallenfrees'), heeft er mogelijk toe geleid dat er ook sprake is van enige beïnvloeding van de referentiepercelen. De mate waarin dit van invloed is geweest, kan echter op basis van de beschikbare data niet worden vastgesteld.

-
- Voorafgaand aan de baggerwerkzaamheden de watergangen doorspoelen (voor zover nog niet van toepassing).
 - De baggerspecie zo veel mogelijk (gelijkmatic) over het gehele perceel verspreiden.
 - Monitoring van eventueel optreden effecten om zo nodig tijdig maatregelen te kunnen treffen.

Aanbevelingen

Naar aanleiding van de evaluaties op basis van de beschikbare data worden de volgende aanbevelingen gedaan, zowel voor de korte (2019/2020) als voor de langere termijn (> 2020).

Aanbevelingen korte termijn (2019/2020)

- Voortzetten van het doorspoelen van de sloten met schoon oppervlaktewater. Ofschoon deze studie niet tot doel heeft de relatie tussen spoelen en de concentraties aan stoffen in het water te kwantificeren, is het meer dan aannemelijk dat de lagere concentraties aan zouten en metalen in het oppervlaktewater grotendeels het gevolg zijn van spoelen. Om de mogelijke invloed van uitloging uit de Westdijk te beperken, is voortzetten van dit spoelen noodzakelijk.
- Gebruiksbeperking instellen voor de teensloot grenzend aan de dijk wat betreft gebruik als irrigatiewater of inlaatwater voor weidevogelpercelen en veedrenking, in elk geval gedurende de winterperiode, maar uit voorzorg het hele jaar.
- Het voortzetten van de monitoring van EC in de afgedamde sloten gedurende de zomerperiode om na te gaan of de verhoogde concentraties aan m.n. Na en Cl tijdelijk zijn of in stand blijven gedurende de zomer (wat mogelijk gebruiksbeperkingen voor gebruik als drinkwater of irrigatiewater oplevert).
- Bij de afzet van baggerspecie uit de watergangen, de zorgplicht handhaven zoals hierboven beschreven.

Aanbevelingen lange termijn en bij handhaving dijk (> 2020)

- Meten van EC in bodemvocht van de wortelzone (om na te gaan of er sprake is van mogelijke remming van de gewasgroei; ook te vergelijken met indicatieve effectwaarden bodemleven).
- Bepalen samenstelling gras (metalen, nutriënten, droge stof) aan het einde van de winter en gedurende de zomer om na te gaan of er mogelijk sprake is van afwijkende concentraties aan zouten en of metalen (o.a. Mo, Co) in gras vanwege de lokaal verhoogde concentraties in oppervlaktewater en grondwater.
- Bepalen van grondwaterkwaliteit in de percelen. Nu is onduidelijk of de zouten plus eventueel metalen afkomstig zijn via inlaat/irrigatie dan wel via kwel.

1 Inleiding

Voor de dijkversterking van de Westdijk (gemeente Bunschoten-Spakenburg) is Thermisch Gereinigde Grond (TGG) toegepast. Na gereedkomen van het werk bleek dat er verhoogde concentraties aan stoffen werden gemeten in aanpalende watergangen. In opdracht van het Waterschap Vallei en Veluwe is onderzoek verricht naar de fysische en geochemische eigenschappen van TGG en uitloging van stoffen uit de TGG naar oppervlaktewater en grondwater.

In de periode 2016 t/m heden worden aanvullend in de omgeving van de Westdijk Bunschoten-Spakenburg metingen uitgevoerd aan de kwaliteit van bodem, sediment, oppervlaktewater en graslandpercelen. Zo ook naar aanleiding van het ontstaan van een witte vlek (in 2018) na het onder water zetten van grasland voor plas-drasgebieden. Daarnaast is onderzoek gedaan naar de milieuhygiënische kwaliteit (samenstelling en uitloging) van de toegepaste TGG (o.a. Van Dijk et al., 2017), maar dit laatste maakt geen onderdeel uit van deze studie.

WENR en RIVM zijn door het Waterschap Vallei en Veluwe gevraagd om de *huidige* kwaliteit van het omliggende achterland van de dijk te beoordelen. Daarbij ligt de nadruk op het beoordelen van de kwaliteit van (landbouw)bodem, sediment en waterkwaliteit met het oog op ecologische en/of landbouwkundige risico's. Een beoordeling van de dijk of de daarin aangebrachte TGG valt buiten het kader van deze opdracht. Dit onderzoek is uitgevoerd in de veronderstelling dat de dijk op relatief korte termijn (binnen enkele jaren) wordt weggenomen. Hiertoe laat het waterschap momenteel partijkeuringen uitvoeren.

In het onderzoek worden de volgende stoffen beoordeeld: zouten, metalen en perfluorverbindingen, zoals perfluorooctaanzuur (PFOA) en perfluorooctaansulfonaat (PFOS) (hierna samengevat als PFAS). Een aantal organische microverontreinigingen (o.a. benzeen) is weliswaar in het dijklichaam aangetroffen, maar de beoordeling van dit dijklichaam valt als zodanig buiten het bestek van deze studie. Dit rapport beschrijft allereerst de kwaliteit van bodem, sediment en water (Hoofdstuk 2), het toegepaste normkader waaraan deze compartimenten getoetst worden (Hoofdstuk 3) en de uiteindelijke evaluatie van de data zoals verstrekt (Hoofdstuk 4). Tot slot (Hoofdstuk 5) volgt een aantal conclusies en aanbevelingen.

De resultaten zoals opgenomen in dit rapport zijn gebaseerd op de volgende brondocumenten: dit project richt zich op de evaluatie van de kwaliteit van omliggende weilanden en watergangen. Daarvoor zijn de volgende literatuur en data door het waterschap ter beschikking gesteld:

Waterbodem en baggerspecie

1. RHDHV (2018a). Westdijk Bunschoten-Spakenburg: TGG-toepassing Waterbodemonderzoek sloten (versie nov 2018). RHDHV, Amersfoort, Nederland. Kenmerk: BD9964TPRP1812101328
2. RHDHV (2019a). Westdijk Bunschoten-Spakenburg: TGG-toepassing Waterbodemonderzoek poldersloten (versie feb 2019). RHDHV, Amersfoort, Nederland. Kenmerk: BD9964TPRP1902141611

Bodem (incl. 'witte vlek') en grondwater

1. RHDHV, (2018b). Westdijk Bunschoten/Spakenburg: Toepassing TGG Aanvullend onderzoek: verificatie aanwezigheid GenX en PFAS (PFC) (versie mei 2018)
2. RHDHV, (2018c). Westdijk Bunschoten/Spakenburg: Toepassing TGG Vervolg op het aanvullend onderzoek: verificatie aanwezigheid GenX en PFAS (PFC) (versie 3 juli 2018). RHDHV, Amersfoort, Nederland. Kenmerk: T&PBD9964R001F1.0
3. RHDHV (2018d). Memo: Onderzoeksresultaten witte vlek perceel dhr. Huijgen (versie jul 2018)., RHDHV, Amersfoort, Nederland. Kenmerk: BD9964T&PNT1807021301 (intern gebruik)

-
4. RHDHV, (2019b). Westdijk Bunschoten-Spakenburg: TGG-toepassing Effect baggerspecie op kwaliteit bodem weiland (versie feb 2019). RHDHV, Amersfoort, Nederland. Kenmerk: BD9964TPRP1902141641
 5. RHDHV, (2019c). Westdijk Bunschoten/Spakenburg: Toepassing thermisch gereinigde grond (TGG). Aanvullend onderzoek: Grondwatermonitoring februari 2019. Finale versie, 19 maart 2019. RHDHV, Amersfoort, Nederland Kenmerk: BD9964TPRP1903190938

Oppervlaktewaterkwaliteit

Door Waterschap Vallei en Veluwe is een XLS-datafile ter beschikking gesteld met daarin resultaten van een meerjarige monitoring (2017-2019) van de kwaliteit van het oppervlaktewater in de sloten in het onderzoeksgebied (pers. comm.: C. Egging). Deze file bevat gegevens van een groot aantal stoffen inclusief metalen, zouten en zuurgraad die gemeten zijn in een aantal meetpunten in de sloot langs de dijk alsmede een aantal meetpunten in verder weg gelegen sloten.

Verder is literatuur over risicogrenswaarden van stoffen in oppervlaktewater en drinkwater voor mens en dier geraadpleegd. Deze zijn in de referenties genoemd.

Figuur 2 Overzichts(lucht)foto (links) en grove indeling van het onderzoeksgebied in de drie deelgebieden (noot: deelgebied 1 is de rode lijn die de positie van de teensloot weergeeft; bron: Waterschap Vallei en Veluwe, pers. comm. C. Egging).

In Tabel 1 staat aangegeven welk type data voor welk van de drie deelgebieden beschikbaar is.

Tabel 1 Overzicht van beschikbare data voor de beoordeling van de omgevingskwaliteit en potentiële ecologische en landbouwkundige risico's.

Deelgebied	Grondwater	Oppervlaktewater	Waterbodem/sediment	Bodem	overig
1. Teensloot	-	Herhaalde monitoringsdata op meerdere meetpunten in sloot (§ 2.4) ²	Kwaliteit waterbodem in teensloot (RHDHV ¹ , 2018a, 2019a)	-	Visuele waarnemingen (witte vlekken oevers)
2. Afgedamde sloten en bijbehorende percelen	Data grondwater 4 raaien op 2-4 m van de teensloot onder grasland (§ 2.3, RHDHV, 2019c)	Enkelvoudige meting van samenstelling oppervlaktewater in afgedamde sloten (§ 2.5)	Kwaliteit waterbodem in afgedamde sloten (RHDHV ¹ , 2019a)	Bepaling bodemkwaliteit op plekken meet en zonder opgebrachte baggerspecie (§ 2.6; RHDHV ¹ , 2019b)	Samenstelling witte vlek (§ 2.7, RHDHV ¹ , 2018d)
3. Achterliggend polderlandschap	-	Herhaalde monitoringsdata op meerdere meetpunten in sloot (§ 2.4) ²	Kwaliteit waterbodem in sloten achterland (RHDHV ¹ , 2019a)	Bepaling bodemkwaliteit op plekken meet en zonder opgebrachte baggerspecie (§ 2.6; RHDHV ¹ , 2019b)	-

¹ Bronverwijzing, RY: RHDHV.

² Resultaten zoals beschikbaar gesteld door Waterschap Vallei en Veluwe (C. Egging, pers. comm.).

2.1.2 Landgebruik en beheersmaatregelen

In de drie deelgebieden (teensloten, afgedamde sloten en achterliggend polderlandschap) is het landgebruik wisselend. Dit landgebruik kan van invloed zijn op de verspreiding en effecten van de verontreinigingen in het gebied. Over het landgebruik is door Waterschap Vallei en Veluwe een mondelinge toelichting gegeven. Hieronder is samengevat op welke manier de percelen en de sloten gebruikt worden.

Teensloot

De oever langs de teensloot aan de kant van de dijk wordt op dit moment niet gebruikt voor enig doel. De oever langs de teensloot aan de kant van het achterland wordt gebruikt voor beweiding van vee en

het maaisel wordt gebruikt als veevoeder. Het water in de teensloot is, middels het plaatsen van linten, niet toegankelijk voor gebruik door dieren (veedrenking) en het wordt ook niet gebruikt voor irrigatie van de omliggende percelen. Door de verbinding tussen de teensloot en de Noorderwetering is lokaal intrek van (teensloot)water opgetreden in het perceel ten oosten van de Noorderwetering. Onlangs zijn op een perceel ten westen van de Noorderwetering witte vlekken ontstaan.

Afgedamde sloten

Om te voorkomen dat teenslootwater via de aangrenzende sloten het polderlandschap in kan stromen, zijn de meeste dwarssloten momenteel afgedamd (zie ook Figuur 1). Zowel het oppervlaktewater als de aangrenzende percelen zijn daarmee afgesloten van het water uit de teensloot. De percelen die zich rondom deze sloten bevinden, worden deels voor beweiding (oostelijke van de Noorderwetering grenzend aan Bunschoten), deels voor voederproductie (gras, westelijk van de Noorderwetering) gebruikt. Beweiding omvat zowel paarden (hele jaar) als jongvee (voorjaar-vroege najaar). Dieren in deze percelen kunnen daarbij wel drinken uit de (afgedamde) sloten. Onduidelijk is of het water in deze sloten gebruikt wordt voor irrigatie/inlaat. In de periode maart tot en met juni 2018 is een perceel ten westen van de Noorderwetering ten behoeve van een plas-drasgebied met oppervlaktewater onder water gezet, met als mogelijk gevolg het ontstaan van een witte vlek in de zomer van 2018.

Achterliggend polderlandschap

De percelen die zich bevinden langs de niet-afgedamde sloten worden voornamelijk gebruikt voor grasproductie (voer) en deels extensief beweid (rundvee); water kan gebruikt worden voor veedrenking en irrigatie/inlaat (geen beperkende maatregelen genomen voor zover bekend).

Beheersmaatregelen en andere factoren die van invloed zijn op de omgevingskwaliteit

Sinds het bekend worden van de uitloging uit de TGG aanwezig in de dijk (medio 2017), is via doorspoelen getracht de gemeten verhoogde concentraties aan zouten en andere stoffen (zie paragraaf 2.4) te verlagen. Concreet betekent dit dat er, voor zover bekend, sinds augustus 2018 geen water meer ingelaten wordt via gemaal Westdijk (Noorderwetering, pers. comm. C. Egging), zodat het instromende water niet via de door de TGG beïnvloede teensloot verder het watersysteem instroomt (zie Figuur 3). Er wordt daarom nu enkel water afgevoerd via het gemaal Westdijk. In plaats daarvan wordt ofwel het peil opgezet aan de zuidkant van het gebied (Polder de Haar, in droge situaties) ofwel, in natte situaties, wordt er water via de Eem ingelaten (o.a. via de inlaat aan de Frans Jacobsweg) of via de inlaten in Bunschoten. Dit doorspoelen vindt gedurende het hele jaar plaats, waarbij er in het voorjaar aanvullend water ingelaten wordt vanuit polder De Haar om het zomerpeil in te stellen.

Figuur 3 Waterbeheer in de Bickerspolder gelegen achter de Westdijk te Bunschoten voor (links) en na (rechts) 2017 (C. Egging, pers. comm.).

Dit soort maatregelen heeft uiteraard invloed op de concentraties van zouten en andere stoffen. Doorspoelen met schoon water zal de concentraties doen dalen. Naast deze actieve maatregelen dragen ook afwijkende omstandigheden (neerslag, temperatuur) bij aan de fluctuatie van de concentraties in met name het oppervlaktewater. Uitgangspunt van deze studie – zoals ook omschreven in de vraag van het waterschap – was echter om de bestaande situatie, d.w.z. de gemeten concentraties en de variatie daarin, te beoordelen in het licht van mogelijke risico's en niet zozeer om te evalueren in welke mate de maatregelen of afwijkende condities van invloed zijn geweest op de uiteindelijk gemeten concentraties. Bij het bespreken van de concentraties in water, sediment en bodem beperken we ons derhalve ook tot het evalueren van deze concentraties en zullen geen verklaring geven voor de dynamiek in de gemeten concentraties.

2.2 Waterbodem – Sediment

Uit de analyse van de waterbodemkwaliteit (RHDHV, 2019) blijkt dat een aantal stoffen in verhoogde concentraties aanwezig is in het slib, met name vanadium (V), molybdeen (Mo), sulfaat (SO₄) en, incidenteel, bromide (Br) (zie ook samenvatting in Tabel 2). In de vier gerapporteerde transecten is alleen in de teensloot (vak 2, 3, 4, 5, 7 kaart Bijlage 1 in RHDHV 2019a) direct grenzend aan de dijk en in twee percelen met daaraan grenzende parallelsloten (percelen 7 en 10, kaart Bijlage 1 in RHDHV 2019a) sprake van verhoogde concentraties aan Mo en, in mindere mate Br en V. In alle andere bemonsterde waterbodems is de variatie in V, Mo, Br, SO₄ gelijk aan die in de bemonsterde referentiepercelen.

Tabel 2 Ranges aan Mo, V, SO₄, Br in waterbodem (RHDHV, 2019a).

Systeem	Mo	V	Cl	SO ₄	Br
Referentie sloot	< 1.5	22-52	< 150 - 420	838-3510	< 5
Traject 1	< 1.5	23-35	510 - 1700	809 - 2640	< 5
Traject 2	< 1.5 – 4.9	19-50	270-3000	215-3360	< 5 – 95
Traject 3	< 1.5 – 2.7	29-70	210-5000	1780-4430	<5
Traject 4	< 1.5 – 7.2	<10-68	280-4400	1510-4510	<5 – 30
Noorderwetering	< 1.5 – 1.9	24-64	<150-3100	1170-3860	< 5
Veen (P50-P95) ¹	1.1-3.4	69-141	Geen data	4000-21800 ²	Geen data

¹ Data Geochemische ATLAS Nederland (Mol et al. 2012): noot dit zijn data voor de droge bodem.

² Data voor totaal zwavel.

Voor de concentraties in de waterbodem voor andere stoffen dan die genoemd in Tabel 2 geldt dat er in een aantal vakken (2, 8, 9, 10, 24 en 26) verhoogde concentraties aan met name Nikkel (Ni), Tin (Sn) en Kobalt (Co) aangetroffen worden. Deze percelen liggen allemaal binnen 100 meter van de dijk. Voor met name Co en Ni dient daarbij vermeld te worden dat deze ook in licht verhoogde concentraties in een aantal referentiesloten zijn aangetroffen die, voor zover bekend, niet direct beïnvloed worden door uitloging uit de dijk (43, 47, 49 en 50). Dit kan betekenen dat de verhoogde concentraties aan Co en Ni niet noodzakelijk altijd door uitloging zijn ontstaan, maar mogelijk van nature in verhoogde gehalten in de bodem van de polder aanwezig zijn. Op basis van de beschikbare data kan echter geen uitspraak gedaan worden over mogelijk afwijkende achtergrondgehalten die in dit gebied voorkomen.

2.3 Grondwaterdata

In de grondwatermonitoring zijn vier raaien opgenomen (raai DWP 1 t/m 4; RHDHV, 2019c). De meeste peilbuizen staan in de dijk en staan daarmee in contact met, of zijn geplaatst in, bodemlagen onder de TGG en zijn voor deze studie daarom niet van toepassing. Het verst weg gelegen meetpunt in elke raai (meetpunt W) ligt echter in het poldergebied en staat niet in contact met de TGG. Daarvoor wordt verondersteld dat het grondwater ter plekke (waarschijnlijk) niet of zeer beperkt beïnvloed wordt door emissie uit de TGG. Deze data (1W t/m 4W) vatten we hier samen om een beeld te krijgen van de grondwaterkwaliteit van het poldergebied (data in Tabel 3).

Uit de data in Tabel 3 blijkt dat de aangetroffen waarden voor niet-mobiele stoffen (metalen) laag zijn en grotendeels beneden de gehanteerde detectiegrens liggen (o.a. Cd, Pb, Zn, Cu, Co, Hg, CN, Sb, Be) of, indien gemeten rond de streefwaarde, voor ondiep grondwater (As, Ba) liggen (RHDHV, 2019c; Verwij et al., 2017). Er is voor deze stoffen daarom geen aanwijzing dat er sprake is van grootschalig voorkomen van verhoogde concentraties in grondwater in de uiteinden van de onderzoeksraaien en de aangetroffen concentraties liggen ook in dezelfde orde van grootte als de gemiddelde concentraties in oppervlaktewater (zie paragraaf 2.4). Dit geldt niet voor het grondwater onder de dijk, maar de beoordeling daarvan valt buiten de scope van dit onderzoek. Voor Se en V ligt een aantal meetwaarden duidelijk boven de detectiegrens, maar voor beide bestaat geen streefwaarde voor ondiep grondwater. Deze (gemiddelde) concentratie in oppervlaktewater wordt grotendeels bepaald door spoelwater (inlaat) van buiten het gebied, juist om te voorkomen dat mogelijk zout oppervlaktewater dat beïnvloed is door uitloging uit de dijk in het gebied trekt. Voor de meest mobiele zouten (vooral natrium en chloride en, in mindere mate, voor calcium (Ca) en sulfaat (SO₄)) liggen de gemiddelde grondwaterconcentraties in de meetlocaties 'W' gemiddeld hoger dan de gemiddelde concentraties in het oppervlaktewater. Dat zou mogelijk een indicatie kunnen zijn dat Na en Cl in het grondwater van de 'W'-meetpunten beïnvloed worden door uitloging uit de dijk. De maximaal aangetroffen Na- en Cl-concentraties in de teensloot (Tabel 4) liggen namelijk wel in dezelfde orde van grootte als die in het grondwater.

Een andere reden voor de verhoogde concentraties in het grondwater zou de intrusie van zilt of zoutwater uit de voormalige Zuiderzee kunnen zijn. In Nederland hanteert men een concentratiegrens van 1000 mg Cl L⁻¹ als grens tussen zilt (150-1000 mg Cl L⁻¹) en zout grondwater. Volgens die grenzen wordt het grondwater in deze locaties als brak tot zout geclassificeerd. In zeewater (Noordzee) is de gemiddelde Na- en Cl-concentratie ongeveer 9500 mg L⁻¹ (Na) en 14500 (Cl) mg L⁻¹, wat suggereert dat de hier gemeten concentraties in elk geval niet overeenkomen met oorspronkelijk zout grondwater dat in contact stond met de zee. In welke mate de saliniteit nog te relateren is aan brak of zout grondwater kan op basis van deze data dus ook niet vastgesteld worden, maar er is wel sprake van intrusie van Na en Cl.

Afgezien van Na en Cl laten de monitoringsdata (grondwater, RHDHV 2019c) zien dat er voor de metalen en overige gemeten stoffen geen sprake is van verhoogde concentraties. Voor metalen als Sb (antimoon), As (arseen), Ba (barium), Cd (cadmium), Cr (chrom), Co, Cu (koper), Hg (kwik), Pb (lood), Mo, Ni en Zn (zink) geldt dat de aangetroffen waarden in dezelfde orde van grootte liggen als die van grondwater in Nederland (Verwij et al., 2017).

Beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit door uitloging uit de dijk richting het binnendijkse grondwater lijkt – buiten het gebied dat direct beïnvloed wordt door uitloging uit de dijk – voornamelijk beperkt tot de meest mobiele verontreinigingen (Na, Cl, SO₄²⁻ en Ca). In welke mate en op welke termijn mogelijk minder mobiele stoffen zoals zware metalen via grondwatertransport het verder weg gelegen grondwater zal bereiken, valt buiten de scope van deze studie.

Tabel 3 Grondwaterkwaliteitsdata van peilbuizen binnendijs ('W'-locaties), februari 2019 (RHDHV, 2019c). Ter vergelijking staan ook de gemiddelde en maximale waarde van de metingen in het oppervlaktewater vermeld (uit Tabel 4).

Raai/monster	Oppervlaktewater (gemiddeld/max)	W1	W2-1	W2-2	W3-1	W3-2	W4-1	W4-2
DIEPTE -mv		1.5-2.5	4.1-5.1	1-2	0.8-1.8	3.5-4.5	2.4-3.4	5.7-6.7
pH	-	7,3	7,4	7,2	7,2	7,0	7,4	7,2
EC (µS cm)	mS cm ⁻¹	0.9	0.6	1.8	0.9	1.2	1.4	1.9
Troebelheid	NTU	17,8	6,42	16,1	44,9	8,66	16,4	10,2
Fluoride	mg L ⁻¹	0.14	0.3	0.09	0.23	0.1	0.35	0.16
Chloride (Cl)	mg L ⁻¹	860	770	2000	150	380	64	740
Sulfaat (SO ₄)	mg L ⁻¹	<30	42	33	170	320	55	<30
Totaal cyanide	µg L ⁻¹	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Bromide	mg L ⁻¹	3.9	6.4	7.8	2.1	1.8	0.57	0.21
Calcium (Ca)	mg L ⁻¹	110	63	280	160	110	72	58
Kalium (K)	mg L ⁻¹	17	28	37	7.2	27	11	18
Natrium (Na)	mg L ⁻¹	730	920	1200	110	370	53	790
Seleen (Se)	µg L ⁻¹	<0.3	<5.0	6.9	22	33	<5.0	<5.0
Antimoon (Sb)	µg L ⁻¹	< 0.6	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0
Arseen (As)	µg L ⁻¹	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	9.2	<5.0
Barium (Ba)	µg L ⁻¹	180	84	260	68	79	79	40
Beryllium (Be)	µg L ⁻¹	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Cadmium (Cd)	µg L ⁻¹	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Chroom (Cr)	µg L ⁻¹	2.4	7.5	<1.0	<1.0	2.1	<1.0	4.5
Kobalt (Co)	µg L ⁻¹	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Koper (Cu)	µg L ⁻¹	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	10	<2.0
Kwik (Hg)	µg L ⁻¹	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Lood (Pb)	µg L ⁻¹	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Molybdeen (Mo)	µg L ⁻¹	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Nikkel (Ni)	µg L ⁻¹	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	3.4	<3.0
Vanadium (V)	µg L ⁻¹	3.2	16	<2.0	<2.0	2.9	<2.0	16
Zink (Zn)	µg L ⁻¹	<10	<10	<20	<10	<10	<10	<10

2.4 Oppervlaktewater: niet-afgedamde sloten en teensloot

Uit de analyses van waterbodem en bodem blijkt dat vooral mobiele zouten in het omliggende water(bodem)systeem aanwezig zijn. Omdat het oppervlaktewater o.a. ook als drinkwater voor vee gebruikt wordt en als inlaatwater gedurende het voorjaar om de percelen aantrekkelijker te maken voor weidevogels, is gedurende de periode 2016-heden een monitoring uitgevoerd waarbij een groot aantal parameters gemeten is in een aantal sloten. Daarbij is vooral in 2018 een complete set aan data ontstaan. In Tabel 4 staat een overzicht van de gemeten concentraties van stoffen in de sloten in het gehele onderzoeksgebied (noot: ranges van resultaten van verschillende meettijdstippen en locaties).

Tabel 4 Overzicht van gemiddelde en maximaal gemeten concentraties aan stoffen in oppervlaktewater (data Waterschap Vallei en Veluwe).

Stof	Eenheid	Aantal waarnemingen	Gemiddelde waarde	Standaard-deviatie	Maximaal aangetroffen
aluminium	$\mu\text{g L}^{-1}$	177	34.9	38.5	300
ammonium	mg L^{-1}	275	1.0	1.7	17.4
arseen	$\mu\text{g L}^{-1}$	170	2.3	1.4	10
barium	$\mu\text{g L}^{-1}$	177	39.1	19.9	140
beryllium	$\mu\text{g L}^{-1}$	17	0.0	0.0	0.06
bromide	mg L^{-1}	170	5.8	20.9	160
cadmium	$\mu\text{g L}^{-1}$	177	0.0	0.0	0.08
calcium	mg L^{-1}	174	81.7	34.5	200
chloride	mg L^{-1}	271	184.9	231.8	1400
chroom	$\mu\text{g L}^{-1}$	176	0.8	1.7	23
fluoride	mg L^{-1}	171	0.2	0.2	1.6
EC	mS cm^{-1}	505	1.2	1.1	9.1
ijzer	mg L^{-1}	177	0.4	0.7	7.9
kalium	mg L^{-1}	175	15.2	7.8	58
kobalt	$\mu\text{g L}^{-1}$	177	0.5	0.4	1.7
koolstof organisch	mg L^{-1}	6	18.6	8.6	30
koper	$\mu\text{g L}^{-1}$	177	1.0	1.1	6.6
kwik	$\mu\text{g L}^{-1}$	175	0.0	0.0	0.04
lood	$\mu\text{g L}^{-1}$	177	0.3	0.5	5.9
magnesium	mg L^{-1}	169	16.3	9.7	58
mangaan	$\mu\text{g L}^{-1}$	176	392.0	425.9	3800
					(n=8 > adv, 6 in loc B14)
molybdeen	$\mu\text{g L}^{-1}$	168	4.6	14.3	100
natrium	mg L^{-1}	171	130.0	244.5	1800
					(n=8 > adv, 6 in loc B14)
nikkel	$\mu\text{g L}^{-1}$	177	2.5	1.6	18
nitraat	mg L^{-1}	268	0.2	0.5	5.1
nitriet	mg L^{-1}	268	0.0	0.0	0.16
strontium	$\mu\text{g L}^{-1}$	174	366.1	150.1	1000
sulfaat	mg L^{-1}	270	125.6	277.6	2700
					(n=4 > adv, all in loc B14)
tin	$\mu\text{g L}^{-1}$	176	0.1	0.0	0.5
vanadium	$\mu\text{g L}^{-1}$	172	1.6	3.1	23
zink	$\mu\text{g L}^{-1}$	177	3.9	12.3	160
pH	-	495	7.7	0.6	9.93

Uit het verloop van de gemeten concentraties blijkt dat vooral in de winterperiode (november-april) sprake is van deels sterk verhoogde concentraties aan chloride (Cl), ammonium (NH₄), bromide en sulfaat (SO₄). Daarbij zijn de verschillen tussen de onderzochte locaties groot. Vooral locaties direct

grenzend aan de dijk laten daarbij sterk verhoogde concentraties zien. De mate waarin de gemeten concentraties verschillen tussen locaties en tussen meetmomenten hangt van een groot aantal factoren af, zoals het moment van doorspoelen van de sloten en de variatie in weersomstandigheden. De zomer van 2018 geldt in dat opzicht als sterk afwijkend, met gemiddeld hogere temperaturen en lagere neerslaghoeveelheden. In welke mate dit soort afwijkende omstandigheden de concentraties in het oppervlaktewater beïnvloed hebben, kan op basis van deze data niet vastgesteld worden. Bovendien beperken we ons in deze studie tot het beoordelen van de concentraties als zodanig en valt het interpreteren van de mate van beïnvloeding door o.a. spoelen en weer buiten de scope van het project.

Daarbij valt met name de locatie B14 (meetpunt 284901) op die voor een groot aantal stoffen (naast de zouten o.a. ook voor Co, V, As, strontium (Sr)) afwijkend hoge waarden laat zien. Ook voor deze stoffen geldt echter dat er sprake is van (sterk) verhoogde emissies gedurende de winterperiode gevolgd door normale (t.o.v. de referentie in dit gebied) waarden. Dit is in Figuur 4 geïllustreerd voor SO₄ en V, waarbij de meetwaarden voor meetpunt 284901 uitgezet zijn tegen de tijd in vergelijking met metingen in de referentie (meetpunt 284799).

Figuur 4 Variatie in SO₄ (driehoek) en V (cirkels) in meetpunt B14 (284901) en sloot op afstand van de dijk (meetpunt 284799). Rode symbolen zijn de B14-data, open symbolen die van 284799.

Een dergelijke trend is voor een groot aantal stoffen waarneembaar, o.a. voor Co, Br, Mangaan (Mn), natrium (Na), Sr, Ba en Zink (Zn). Voor een groot deel van deze stoffen geldt daarbij dat de piekwaarden in de winter niet of minder uitgesproken aanwezig zijn in de sloten op afstand van de dijk (o.a. meetpunt 284880). Het feit dat de piekwaarden vooral optreden in sloten nabij de dijk of sloten onder directe invloed van de dijk met daarin TGG, suggereert dat deze pieken gerelateerd zijn aan de emissie uit de dijk gedurende de winterperiode. Voor stoffen als SO₄ en P geldt dat een deel van de variatie (lees: verhoogde waarden in winterperioden) ook in andere gebieden is waargenomen, waarbij geen sprake is geweest van beïnvloeding door vervuild materiaal. Zo is een vergelijkbare jaarlijkse fluctuatie met hogere concentraties (met name voor sulfaat) in de winter en vroege voorjaar afgewisseld met lagere waarden gedurende lente en zomer ook aangetroffen in de Krimpenerwaard (Figuur 5 Hendriks et al., 2013). Uiteraard is deze situatie niet identiek en draagt specifieke uitlozing uit de Westdijk ook bij aan de sterke fluctuatie aan concentraties in oppervlaktewater in de polder bij Bunschoten. De gegevens in Figuur 5 dienen alleen als illustratie dat natuurlijke bodemprocessen ook kunnen bijdragen aan een grote mate van fluctuatie van concentraties aan SO₄ en P in oppervlaktewater.

Figuur 5 Verloop van SO_4 (links) en PO_4 (rechts) in oppervlaktewater in de Krimpenerwaard (bron: Hendriks et al., 2013).

Ook het concentratieverloop van de zouten die van belang zijn voor de kwaliteit van drinkwater voor vee vertoont hetzelfde beeld, namelijk dat een groot deel van de (sterk) verhoogde concentraties in de winter wordt aangetroffen en bovendien geconcentreerd lijkt te zijn in de sloot die aan de dijk grenst. Dit is geïllustreerd in Figuur 6, waarin meetdata van een drietal locaties zijn opgenomen. De hoogste concentraties worden daarbij gemeten in de sloot bij meetpunt Bunschoten 14 (284901), terwijl in de sloot in de polder zelf (284880) nauwelijks sprake is van verhoogde concentraties of een jaarlijkse trend daarin. De sloot ter hoogte van het stuk dijk zonder TGG (meetpunt 284799) laat wel een lichte stijging zien in de winterperiode, maar de gemeten concentraties zijn duidelijk lager ($< 400 \text{ mg L}^{-1}$) dan in de sloot bij meetpunt B14. Deze data suggereren dat de invloed van de uitloging in de sloot nabij de dijk tijdelijk (in het najaar-winter-vroege voorjaar) groot is, maar dat deze invloed met een toename van de afstand tot de dijk snel minder wordt zowel in termen van concentraties als voor de jaarlijkse variatie daarin. Deels is dit het gevolg van de mate van doorspoeling met schoon water uit de omliggende omgeving.

Figuur 6 Verloop van Cl^- -concentratie in drie sloten: meetlocatie B14 (284901), referentiesloot (284880) en de sloot aan de dijk waar geen TGG is toegepast (284799).

Voor chloride geldt dat concentraties in het oppervlaktewater in de range van 200 tot meer dan 1000 mg L^{-1} ook van nature kunnen voorkomen, met name in gebieden die beïnvloed worden door zoute aquifers (De Louw et al., 2004). Een verschil met de waarnemingen in de polder achter de Westdijk is echter dat dergelijk hoge concentraties dan vooral in de zomer voorkomen. Het feit dat de hoge concentraties in de polder bij Bunschoten juist in de winter gemeten zijn, suggereert daarmee ook dat deze *niet* gerelateerd zijn aan natuurlijke intrusie van zout grondwater.

PFAS-verbindingen in grond en grondwater

De onderzoeksresultaten tonen aan dat in de TGG geen PFAS-verbindingen boven het niveau van de bepalingsgrens zijn aangetroffen. Slechts 1 (PFOS) van in totaal 15 onderzochte verbindingen kon in 2 van de 4 monsters op het niveau van de bepalingsgrens ($0.1 \mu\text{g kg}^{-1}$) aangetoond worden.

In het grondwater werden 4 van de 26 stoffen aangetoond in 2 locaties, waarvan 3 op 1 locatie. Alle metingen lagen op een zeer laag niveau ($< 0.08 \mu\text{g L}^{-1}$). GenX is eenmalig op 1 locatie gemeten in een duidelijk verhoogde concentraties ($0.52 \mu\text{g L}^{-1}$).

In een herhaalde meting in grondwater en, aanvullend, oppervlaktewater (RHDHV, 2018b), zijn in het grondwater 5 verbindingen gemeten (waarbij GenX niet meer is aangetoond), waarbij alle metingen in het grondwater lager waren dan $0.25 \mu\text{g L}^{-1}$. In het oppervlaktewater is een aantal PFAS-verbindingen systematisch aangetoond, dit zijn Perfluorbutaansulfonzuur (PFBS), Perfluorbutaanzuur (PFBA), Perfluorheptaanzuur (PFHpA), Perfluorhexaanzuur (PFHxA), Perfluoroctaansulfonzuur (PFOS) en Perfluoroctaanzuur (PFOA). Een deel van deze stoffen is echter niet in het grondwater in contact met de TGG zelf gemeten, noch in de bodemanalyse van TGG. Dit suggereert dat het voorkomen van deze PFAS-achtige verbindingen niet noodzakelijkerwijs gerelateerd is aan het gebruik van TGG in de dijk, maar mogelijk ook van andere herkomst kan zijn.

2.5 Oppervlaktewater: afgedamde sloten

Een deel van de sloten grenzend aan de teensloten is afgedamd om te voorkomen dat er een directe instroom plaatsvindt van water met daarin verhoogde concentraties aan zouten en mogelijk andere aanwezige stoffen. In april 2019 is in een beperkt aantal afgedamde sloten monsters genomen om de kwaliteit van het water te bepalen. Of data van deze afgedamde sloten in de dataset van de oppervlaktewater monitoring (2016-2019, Tabel 4) zijn meegenomen, is onduidelijk. Uit Figuur 7 blijkt namelijk dat een deel van de in april 2019 bemonsterde locaties in de afgedamde sloten (oranje symbolen) dicht bij locaties opgenomen in het reguliere programma (blauwe symbolen) liggen.

Reden voor de aanvullende bemonstering van de afgedamde sloten was de vraag in hoeverre deze mogelijk toch beïnvloed zijn door de teensloot en in welke mate er dus sprake is van een verhoogde concentratie aan stoffen in het water (met name zouten).

Figuur 7 Overzicht van locaties van het aanvullende onderzoek naar de waterkwaliteit in de afgedamde sloten (april 2019, oranje) ten opzichte van de meetlocaties uit de reguliere monitoring van het oppervlaktewater 2016-2019 (blauw).

Daarbij is op drie dagen onderzoek gedaan naar de waterkwaliteit, waarbij de nadruk lag op het bepalen van de zoutsterkte, aangevuld met metingen van de concentratie van Cl, Na, Ca, K, F, Br, SO₄, Fe en Mn, evenals de pH. Daarbij moet opgemerkt worden dat niet op alle dagen dezelfde parameters bepaald zijn:

- 9 april: meting van EC en pH in 8 monsterplekken;
- 12 april: meting van EC, pH, F, NH₄-N, Cl, SO₄ en Br in dezelfde plekken;
- 18 april: meting van EC, pH, Ca, Fe, K, Na in 8 andere locaties dan op 9 en 12 april.

In Tabel 5 staat een samenvatting van de metingen in de afgedamde sloten. Voor pH en EC zijn daarbij de data van de 3 tijdstippen apart gegeven. Voor de belangrijkste parameters staan in Tabel 5 ook de ranges van zowel de monitoring in de afgedamde sloten als die uit het reguliere monitoringsonderzoek.

Uit de data in Tabel 5 blijkt dat de gemiddelde waarden van EC, pH en de concentraties van de meeste zouten (m.n. Cl, Na) hoger liggen dan de gemiddelde waarden uit het reguliere monitoringsonderzoek. Het reguliere monitoringsonderzoek bevat zowel data van de teensloot alsook water van buiten het onderzoeksgebied. Daardoor geven de gemiddelde concentraties relatief gezien meer de waterkwaliteit van niet beïnvloede sloten weer. Als we de data van de aanvullende bemonstering uit april 2019 vergelijken met de P95 of maximale concentraties die in het reguliere monitoringsonderzoek zijn gevonden (Tabel 5), dan liggen deze in dezelfde orde van grootte. Van de P95 en de maximaal aangetroffen waarden kan met zekerheid gezegd worden dat ze in hoge mate representatief zijn voor water dat is beïnvloed door uitloging van zouten uit het water in de teensloot. Voor pH, EC, Cl en Na liggen de waarden uit het aanvullend onderzoek in ongeveer dezelfde range als de P95-waarden, wat suggereert dat de samenstelling van het water in de afgedamde sloten voor deze stoffen beïnvloed wordt door dat in de teensloot. Of dat een directe invloed (inlaat) is of via intrekkend grondwater kan op basis van deze data niet vastgesteld worden.

Voor SO₄, Ca, Br en K liggen de concentraties in de afgedamde sloten meer in dezelfde orde van grootte als de waarden uit het monitoringsonderzoek van het oppervlaktewater. Daarmee lijken ze dus minder beïnvloed te worden door het water uit de teensloot (of grondwater). Of dit komt doordat deze stoffen minder mobiel zijn ten opzichte van Cl en Na en daardoor minder snel via bijvoorbeeld grondwaterverplaatsing in het water van de afgedamde sloten komen, is niet vast te stellen.

Tabel 5 *Overzicht van de gemeten waarden in de afgedamde sloten in april 2019 ten opzichte van die in het reguliere monitoringsonderzoek.*

Data alle tijdstippen gecombineerd		Afgedamde Sloten (April 2019)			Monitoring 2016-2019			
		min	gemiddeld	max	min	gemiddeld	P95	max
EC	mS cm ⁻¹	0.86	2.99	5.8	0.4	1.24	3.29	9.07
pH	-	7.3	8.4	9	6.8	7.7	8.5	9.9
Cl	mg L ⁻¹	860	1203	1900	23	185	725	1400
SO ₄	mg L ⁻¹	9.2	85.3	140	2.5	126	306	2700
Br	mg L ⁻¹	3.3	4.6	6.9	0.1	5.8	13	160
Na	mg L ⁻¹	150	355	960	22	151	562	1800
Ca	mg L ⁻¹	88	143	260	37	86	180	260
K	mg L ⁻¹	10	16	25	6.1	16	25	63
Data per bemonsteringstijdstip (April 2019 data) Per tijdstip		EC (afgedamd in mS cm ⁻¹)			pH (afgedamd)			
		min	gemiddeld	max	min	gemiddeld	max	
9-apr		0.86	2.9	5.1	8.8	8.1	8.8	
12-apr		3	4	5.8	9	8.7	9	
18-apr		1.1	2.2	4.3	8.9	8.4	8.9	

Overigens blijkt uit de data van het aanvullende onderzoek van de afgedamde sloten – evenals uit de data van het reguliere monitoringsonderzoek van het oppervlaktewater – dat de EC in het water grotendeels bepaald wordt door de concentraties aan Cl en Na. Zo bestaat een zeer goede relatie tussen de gemeten concentraties Cl of Na enerzijds en de EC anderzijds. Bij een EC-waarde van 4 of meer is de kans groot dat de advieswaarde voor vee ($1000 \text{ mg Cl L}^{-1}$) overschreden wordt.

Figuur 8 Relatie tussen gemeten EC en Cl in oppervlaktewater (data monitoring 2016-2019).

Dat betekent onder meer dat de EC-bepaling direct gebruikt kan worden: niet alleen als advieswaarde voor irrigatie (grenswaarde van 7 mS cm^{-1}), maar ook als indicator voor de te verwachten concentraties Cl in het water en daarmee de geschiktheid als water voor veedrenking.

Deze relatie is mede zo sterk omdat Cl in dit watersysteem het dominante anion in oplossing is en daarmee in hoge mate bepalend voor de EC (Figuur 8). Op basis van de bijdrage van de individuele anionen (Cl, Br, SO_4 , F) gemeten in april 2019 blijkt dat Cl tussen de 95 en 100% van de totale zoutsterkte bepaalt (data niet weergegeven). Voor SO_4 , dat in veel lagere concentraties aanwezig is dan Cl, wordt daarom geen eenduidig verband met EC gevonden. Ook de data van de reguliere monitoring (2016-heden) laten zien dat Cl tussen de 60 en 100% van de EC bepaalt (gemiddeld 80%), ofschoon een groot deel van deze monsters niet specifiek belast is met Cl.

2.6 Bodem

In aanvulling op de metingen in de waterbodem is per transect een aantal monsters genomen uit de naastgelegen weilanden. Daarbij is per monsterlocatie steeds een monster genomen waarbij sprake is van afzet van baggerspecie op de kant (A-monster) en een monster waarbij geen baggerspecie is afgezet (B-monster). In Tabel 6 staat een overzicht van de stoffen die daarbij in het A-monster hoger zijn dan in het B-monster, ofwel waar een aanwijzing is dat via baggerspecie een verhoging van de concentraties in de bodem is ontstaan. Daarbij geldt de opmerking dat de verschillen tussen de met bagger behandelde plekken (A-monster) en die zonder (B-monster) mogelijk beïnvloed zijn door het gebruik van de wallenfrees. Het gebruik van deze frees leidt ertoe dat maaisel en slib over een grote afstand (meer dan de walkant) verspreid worden. Over de mate van beïnvloeding van de resultaten door het gebruik van deze techniek kan met de huidige data geen uitspraak gedaan worden.

Duidelijk is dat opbrengen van baggerspecie in de meeste onderzochte percelen leidt tot een toename van het zoutgehalte zoals gemeten via calcium (Ca), kalium (K), en SO_4 . Opvallend is het verschil voor Cl. Daar waar dat in de waterbodem duidelijk hoger is in de onderzochte sloten t.o.v. de referentiepercelen, is die invloed in de bodem (i.t.t. sulfaat) niet duidelijk waarneembaar. Voor de metalen die in de baggerspecie deels verhoogd aanwezig zijn (V en Mo) geldt dat ze ofwel niet

gemeten zijn in de bodem (V), ofwel niet verhoogd in de bodem aanwezig zijn (Mo). Vooralsnog kan op basis van deze gegevens dus niet aangetoond worden dat er sprake is van een duidelijke belasting van de bodem met metalen afkomstig uit baggerspecie.

Tabel 6 Overzicht van stoffen per monster (bodem) met hogere gehalte (in **vet**) in de met baggerspecie behandelde grond vergeleken met de oorspronkelijke weilandgrond.

Monster	Traject	Verschil tussen monster met en zonder baggerspecie
1	4	Ca, Na, SO ₄ , OC
2	4	Ca, K, Na, Cl, SO ₄ , OC
3	4	Ca, K, Co , Na, Ni, SO ₄
4	3	K, SO ₄
5	3	K, Co , Na, SO ₄ , OC
6	2	Ba, Ca, K, Co , SO ₄ , PAK
7	2	Ba, Cd , Ca, Co , Na, OC
8	2	Ba, Cd , Ca, Co , Cu , Pb , Na, Ni , Zn , OC
9	2	Na, OC
10	1	Cd , Ca, Na, SO ₄ , min Olie, OC

In Tabel 7 staan de meetwaarden voor de A- en B-monsters waarbij getoetst is of het verschil tussen de metingen significant is. Voor de hier gemeten parameters blijkt dat het gebruik van baggerspecie leidt tot een significante stijging voor organische stof, K, Co, Na en SO₄. Voor koper (Cu), kwik (Hg) en lood (Pb), evenals voor het kleigehalte en droge stof, zijn de gemeten waarden juist in de *niet* behandelde weilandpercelen hoger (significant, $P < 0.05$). Voor de organische contaminanten en zouten fluoride (F), Br, Cl kon geen significant verschil tussen met baggerspecie behandelde bodems en de uitgangsground worden vastgesteld.

In Tabel 7 staat ook een overzicht van de gemeten mediane (en P5-P95-range) voor die elementen die in de Geochemische Atlas² bepaald zijn. Voor de elementen die daar niet in zijn gemeten, zijn de P95-waarden uit het AW2000³-bestand geraadpleegd. Uit deze vergelijking blijkt dat alleen een aantal van de maximaal aangetroffen waarden de P95-waarde uit de Geochemische Atlas of de AW2000-waarden overschrijden. In de met baggerspecie behandelde monsters (A) geldt dat voor Co, Cl, SO₄, PAK en pcb, terwijl dat in de niet met baggerspecie behandelde monsters (B) geldt voor Ca, Co, Cu, Pb, Zn, SO₄, PAK, pcb en minerale olie. De mediane waarden voor alle elementen liggen in dezelfde orde van grootte als die gerapporteerd in de Geochemische Atlas en/of het AW2000-bestand. Alleen voor SO₄ ligt ook de mediane waarde boven deze ranges, wat aangeeft dat er voor sulfaat een duidelijk afwijkend beeld bestaat wat betreft de gehalten die in de bodem aangetroffen worden en dan met name in de met baggerspecie behandelde plots (A-monsters).

² Deze Geochemische bodematlas geeft een overzicht van de chemische samenstelling van de bodem in Nederland.

³ In het Project AW2000 zijn concentraties aan verontreinigende stoffen in de bodem bepaald in onverdachte landbouw- en natuurgebieden in Nederland.

Tabel 7 Minimum, mediaan en maximum gehalte aan gemeten stoffen (A en B monsters, resp. met en zonder bagger op de kant) en significantie van het verschil (in %, T-toets). Noot: voor waarden < detectielimiet, 0.5 * detectielimiet als waarde aangenomen.

Parameter	eenheid	min		mediaan		max		Toets ¹	Data Geochemische ATLAS
		A	B	A	B	A	B		
Humus	(% ds)	14	6	20	16	36	22	A>B, 5%	25 (6-89) ²
Lutum	(% ds)	1	10	19	20.5	34	33	ns	
Droge stof	%	35.2	56.5	45.6	62.7	66.1	71.3	B>A, 1%	
Barium [Ba]	mg kg ⁻¹	47	60	77	70.5	99	150	ns	277 (151-641)
Cadmium [Cd]	mg kg ⁻¹	0.1	0.1	0.15	0.37	0.82	0.78	ns	0.61 (0.22-1.85)
Calcium [Ca]	mg kg ⁻¹	4800	4700	8100	8100	19000	59000	ns	9300 (1850-25000)
IJzer [Fe]	% ds	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	ns	3.9 (0.4-7.7)
Kalium [K]	mg kg ⁻¹	2200	1100	4450	3400	5600	4700	A>B, 5%	12100 (2440-21600)
Kobalt [Co]	mg kg ⁻¹	9	4.9	13	10.5	21	14	A>B, 5%	P95 AW2000: 11.3
Koper [Cu]	mg kg ⁻¹	12	15	18.5	25.5	31	65	eenzijdig, B>A, <5%	16 (4-50)
Kwik [Hg]	mg kg ⁻¹	0.025	0.1	0.025	0.13	0.18	0.3	B>A, 1%	0.16 (0.05-0.48)
Lood [Pb]	mg kg ⁻¹	21	36	28.5	50	53	200	eenzijdig, B>A, <5%	62 (21-169)
Molybdeen [Mo]	mg kg ⁻¹	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	ns	1.12 (0.4 - 3.4)
Natrium [Na]	mg kg ⁻¹	170	110	365	205	1500	270	eenzijdig A>B, <5%	4700 (1010-9330)
Nikkel [Ni]	mg kg ⁻¹	16	20	25.5	25	37	43	ns	17.2 (2.6 - 50.5)
Zink [Zn]	mg kg ⁻¹	60	74	83.5	103.5	150	380	ns	67 (19-303)
Chloride	mg kg ⁻¹	75	75	75	75	780	75	ns	P95 AW2000: 116
Fluoride (totaal)	mg kg ⁻¹	5	5	5	5	5	5	ns	P95 AW2000: 331
Bromide	mg kg ⁻¹	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	ns	P95 AW2000: 2.0
Sulfaat (als SO ₄)	mg kg ⁻¹	157	13	786	169	1500	2060	eenzijdig A>B, <5%	P95 AW2000: 294
PAK 10 VROM (0,7 factor)	mg kg ⁻¹	0.35	0.35	0.35	0.35	2.2	7.7	ns	P95 AW2000: 1.12
PCB som 7 (0,7 factor)	mg kg ⁻¹	0.0049	0.0049	0.0049	0.0049	0.01	0.032	ns	P95 AW2000: 0.0066
Minerale olie C10 - C40	mg kg ⁻¹	18	18	18	18	76	69	ns	P95 AW2000: 62

¹ T-toets op verschil van gemiddelde en gepaard (afzonderlijk), tweezijdig tenzij anders aangegeven.

² Mediaan en tussen haakjes de P5-P95 voor veenbodems.

2.7 Witte vlek

In een van de percelen binnen het onderzochte gebied is in de zomer van 2018 een witte vlek ontstaan nadat het perceel gedurende maart-juni dat jaar onder water is gezet met water afkomstig uit de Noorderwetering om zo een plas-drasconditie te realiseren. Analyse van het materiaal en de omliggende, niet wit uitgeslagen bodem leert dat de neerslag vooral bestaat uit ammonium, sulfaat, chloride en bromide in afwijkende concentraties t.o.v. die in de omliggende bodem (RHDHV, 2018d). Stoffen die ook verhoogd in de waterbodem gemeten zijn (o.a. Mo, V), komen niet in verhoogde concentraties in deze witte zoutafzetting voor. Dit suggereert dat het vooral de mobiele zouten zijn (Cl, Br, SO₄, NH₄) die via aanvoer met het oppervlakte water na verdamping zijn gevormd. Voor de zware metalen zijn de gemeten concentraties niet afwijkend ten opzichte van die in de omliggende grond. Dit is weergegeven in Tabel 8 waar de range (min-max) waarde van de gemeten concentraties *in* (VLEK) en *naast* de witte vlek (REF) staan (RHDHV, 2018d). De vergelijkbare waarden voor de minder mobiele stoffen (metalen) vormen een aanwijzing dat deze maar zeer beperkt via water (irrigatie, kwel) naar de bodem getransporteerd worden.

Tabel 8 Minimum- en maximumconcentratie aan zouten, metalen en andere bodemparameters in en naast de 'witte vlek' (zoutplek).

Parameter	Eenheid	Range			
		VLEK (n=3)		REF (n=2)	
		min	max	min	max
Lutum	%	17	24	19	21
Organische Stof	%	28.6	30.8	20.5	22.7
Ammonium	mg kg ⁻¹	290	420	<5	21
Chloride	mg kg ⁻¹	760	870	<150	<150
Bromide	mg kg ⁻¹	9.9	11	<5	<5
Sulfaat	mg kg ⁻¹	200	200	150	200
Fluoride, wateroplosbaar	mg kg ⁻¹	<10	<10	<10	<10
Antimoon	mg kg ⁻¹	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5
Arseen	mg kg ⁻¹	6.1	8.1	8	9.4
Barium	mg kg ⁻¹	<20	45	48	51
Cadmium	mg kg ⁻¹	0.59	0.67	0.38	0.57
Chroom	mg kg ⁻¹	32	33	31	31
Kobalt	mg kg ⁻¹	6.4	7.8	6.2	7.2
Koper	mg kg ⁻¹	43	51	28	36
Kwik	mg kg ⁻¹	0.08	0.11	0.09	0.11
Lood	mg kg ⁻¹	30	33	25	35
Molybdeen	mg kg ⁻¹	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5
Nikkel	mg kg ⁻¹	19	21	19	21
Vanadium	mg kg ⁻¹	37	38	35	37
Zink	mg kg ⁻¹	130	140	91	120

In 2019 zijn er naast deze witte vlek in een aantal percelen ten westen van de Noorderwetering opnieuw witte vlekken ontstaan (Egging, pers. comm.). In deze gevallen is er geen sprake (meer) van inlaat van zoutwater, wat eerder wellicht de oorzaak voor de vorming van de grotere witte vlek is geweest. Data van de samenstelling van het grondwater onder deze percelen (zie Tabel 3) tonen aan dat er sprake is van verhoogde concentraties aan Na en Cl. Mogelijk heeft capillair opstijgend grondwater daar geleid tot de vorming van deze vlekken. Op dit moment zijn echter geen data voorhanden (m.b.t. de samenstelling van deze nieuwe vlekken) die mogelijk deze relatie tussen grondwaterkwaliteit en samenstelling van deze nieuwe vlekken kunnen verklaren.

3 Beoordelingskader zoals gebruikt in deze studie

3.1 Wettelijk normenkader bodem en baggerspecie

3.1.1 Zorgplicht

Voor de toepassing van bouwstoffen, grond en baggerspecie wordt in het Besluit Bodemkwaliteit (Bbk) in artikel 7 een zorgplicht neergelegd. In deze zorgplicht wordt gesteld dat verontreiniging of aantasting van oppervlaktewater, bodem of grondwater door het toepassen van bouwstoffen, grond en baggerspecie, in beginsel moet worden voorkomen. Als er toch een verontreiniging of aantasting optreedt, moeten de effecten zo veel mogelijk worden beperkt – voor zover dit redelijkerwijs kan worden gevraagd.

Ook voor nieuwe verontreinigingen (veroorzaakt na 1987) is in artikel 13 van de Wet bodembescherming (Wbb) een zorgplicht neergelegd. De zorgplicht houdt in dat verontreiniging of aantasting van de bodem in beginsel moet worden voorkomen. Als door een calamiteit of door onzorgvuldig gebruik van de bodem zich toch een verontreiniging van de bodem heeft voorgedaan, dienen de gevolgen te worden beperkt en dient de verontreiniging zo veel mogelijk ongedaan te worden gemaakt.

De zorgplicht is dus tweeledig:

1. Men dient alle maatregelen te nemen om verontreiniging van de bodem/oppervlaktewater of grondwater te voorkomen;
2. Indien er toch sprake is van een verontreiniging, dient men zorg te dragen voor herstel (de herstelplicht).

De aanleg van de Westdijk in Bunschoten betreft een nieuwe situatie met ongewenste uitloging van verontreinigingen naar grond- en oppervlaktewater als gevolg. De zorgplicht (zowel artikel 7 van het Bbk als artikel 13 van de Wbb) is daarom van toepassing.

Aan de zorgplicht kan als volgt invulling worden gegeven:

1. Inzicht geven in de verontreinigingssituatie, bron en emissie;
2. De risico's voor mens en milieu ten gevolge van verspreiding in grondwater in kaart brengen;
3. Indien nodig: aanpak voor herstel maken.

In deze rapportage wordt invulling gegeven aan punt 1 en 2.

3.1.2 Circulaire bodemsanering

Om inzicht te krijgen in de verontreinigingssituatie en mogelijke risico's voor het milieu kan gebruik worden gemaakt van het bodeminstrumentarium van de Circulaire bodemsanering 2013. De Circulaire bodemsanering is van toepassing op historische verontreinigingen (veroorzaakt voor 1987). Voor de Westdijk in Bunschoten is hiervan geen sprake, maar omdat de Circulaire bodemsanering een risicobeoordeling en de saneringsdoelstelling (spoedbepaling) omvat, kan deze wel als leidraad worden toegepast voor deze casus om de risico's in beeld te brengen. In de circulaire zijn o.a. de Interventiewaarden voor grond opgenomen.

De Interventiewaarden voor grond markeren de grens waarboven sprake is van een ernstige bodemverontreiniging. De Interventiewaarden voor grond zijn gebaseerd op mogelijk onaanvaardbare risico's voor de mens of het ecosysteem en worden als volgt bepaald:

1. Voor de mens wordt de bodemconcentratie bepaald die bij het bodemgebruik 'wonen met tuin' leidt tot blootstelling ter hoogte van het MTR-humaan (Maximaal Toelaatbaar Risico). De situatie

'wonen met tuin' is een relatief gevoelige wijze van bodemgebruik, waarbij alle blootstellingsroutes van de mens van toepassing zijn;

2. Voor het ecosysteem wordt de bodemconcentratie bepaald die leidt tot 50% potentieel aangetaste soorten of bodemprocessen (Ernstig Risiconiveau (ER) of HC50).

De laagste van de twee afgeleide bodemconcentraties is de Interventiewaarde grond (Wezenbeek, 2008). Een interventiewaarde kan dus gebaseerd zijn op hetzij een humane grenswaarde, hetzij een ecologische. Omdat in het geval van Bunschoten een ecologische beoordeling wordt uitgevoerd, zijn met name de bodemconcentraties voor ecologie in deze studie relevant. In de wetenschappelijke literatuur worden deze concentraties ook wel het Ernstig Risiconiveau (EReco) genoemd. In de verdere beoordeling worden de ecologische risicogrenzen als uitgangspunt gehanteerd.

3.1.3 Besluit bodemkwaliteit

Het doel van het Besluit bodemkwaliteit (Bbk) is duurzaam bodembeheer. Er wordt gestreefd naar een balans tussen bescherming van de bodemkwaliteit voor mens en milieu enerzijds en gebruik van de bodem voor maatschappelijke ontwikkelingen, zoals woningbouw of aanleg van wegen, anderzijds. De Maximale Waarden uit de bijbehorende Regeling Besluit Bodemkwaliteit (Rbk) hebben als doel om een duurzaam geschikte toestand van de bodem te waarborgen, gegeven het gebruik. Dit betekent dat de bodem, indien deze aan deze normen voldoet, blijvend geschikt wordt geacht voor de uitgeoefende bodemfunctie.

Het Bbk en de Rbk bevatten regels ten aanzien van kwaliteitsborging van de bodemwerkzaamheden (Kwalibo) en het omgaan met bouwstoffen, grond en baggerspecie. Alleen de toepassing van baggerspecie (op aangrenzend perceel) is relevant in deze casus en zal hieronder nader worden beschreven. Voor de resterende kaders wordt verwezen naar het Rbk en de handreiking Bbk (Senternovem, 2008).

Achtergrondwaarden

De achtergrondwaarde voor grond en baggerspecie markeert de grens tussen schone (niet beïnvloed door menselijke activiteiten) en verontreinigde grond en baggerspecie. De achtergrondwaarde is een ijkpunt voor de milieukwaliteit op de lange termijn. Indien deze worden overschreden, vloeien daar nog geen verplichtingen uit voor het bevoegd gezag. De bodemfunctie landbouw wordt binnen het Bbk ingedeeld in de kwaliteitsklasse achtergrondwaarde, omdat hierbij rekening wordt gehouden met het landbouwkundig gebruik zoals voedselvoorziening (zie Figuur 9).

BODEMFUNCTIES (GEBIEDSSPECIFIEK BELEID)	BODEMFUNCTIEKLASSEN (GENERIEK BELEID)
1. Wonen met tuin 2. Plaatsen waar kinderen spelen 3. Groen met natuurwaarden	Wonen
4. Ander groen, bebouwing, infrastructuur en industrie	Industrie
5. Moestuinen en volkstuinten 6. Natuur 7. Landbouw	(Kwaliteit toe te passen grond en baggerspecie moet voldoen aan de Achtergrondwaarden)

Figuur 9 Indeling bodemfuncties naar bodemkwaliteitsklasse (overgenomen uit Senternovem, 2008).

Maximale Waarden

Voor het generieke toetsingskader in het Besluit bodemkwaliteit zijn de zogenoemde Maximale Waarden voor de bodemfunctieklassen Wonen en Industrie ontwikkeld.

Deze twee waarden liggen tussen de Achtergrondwaarde (de grens voor vrij grond- en baggerverzet) en de Interventiewaarden (paragraaf 3.1.2) in.

De Maximale Waarden hebben als doel om een duurzaam geschikte toestand van de bodem te waarborgen, gegeven het gebruik. Dit betekent dat de bodem, indien deze aan deze normen voldoet, blijvend geschikt wordt geacht voor de uitgeoefende bodemfunctie.

Baggerspecie op de aangrenzende percelen

“Voor het verspreiden van baggerspecie vanuit watergangen over aangrenzende percelen geldt al van oudsher een bijzonder kader met een acceptatieplicht voor de aangrenzende percelen.” (NOBO, 2008). Dit wordt in het Rbk voortgezet, waarbij rekening wordt gehouden met de landbouwfunctie die deze percelen vaak hebben.

Als bovengrens wordt de zogenoemde msPAF-toets gehanteerd. MsPAF staat voor meer stoffen Potentieel Aangetaste Fractie en is een methode om de ecologische risico's te bepalen waarbij rekening wordt gehouden met de milieueffecten van meerdere stoffen tegelijk (Senternovem, 2008). Voor metaalverontreinigingen moet de msPAF kleiner zijn dan 50%. Voor organische stoffen is dit 20%. Daarnaast mag de kwaliteit van de baggerspecie de Interventiewaarde voor droge bodem (zie paragraaf 3.1.2) niet overschrijden. Daarnaast geldt voor minerale olie en voor een aantal metalen een samenstellingseis in plaats van de msPAF.

3.1.4 Toetsing baggerspecie op aangrenzend perceel

In de rapportages van RHDHV (2018a en 2019a) zijn de concentraties in waterbodem geanalyseerd en getoetst aan de msPAF en de Interventiewaarde. Hiervoor is de door Bodem+ ter beschikking gestelde Bodem Toets- en Validatieservice (BoToVa) gebruikt. Deze validatieservice is in opdracht van het rijk beschikbaar gesteld, maar het gebruik ervan is niet verplicht. Echter omdat de toetsingsregels en normen in de webservice door het rijk actueel worden gehouden, heeft toetsing middels dit instrumentarium de voorkeur.

Uit de toetsing van RHDHV (2018a en 2019a) blijkt dat de waterbodekwaliteit op basis van gemeten concentraties voor metalen en organische verontreinigingen geschikt is voor verspreiding als baggerspecie op de kant.

Voor een aantal relevante stoffen in de casus Westdijk voorziet de Rbk niet in normen voor de toepassing van baggerspecie op de kant, waardoor toetsing niet mogelijk is. Vooral voor sulfaat en chloride kan dit een probleem zijn, omdat deze stoffen in verhoogde concentraties worden aangetroffen in het sediment. Voor deze stoffen dient daarom te worden teruggevallen op de zorgplicht. Bij invulling van de zorgplicht moeten de te nemen maatregelen in verhouding staan tot de verkregen milieuwinst. Er kan op meerdere manieren invulling worden gegeven aan de zorgplicht. De keuze en onderbouwing ervan is aan het bevoegde gezag. Voorbeelden van maatregelen waaraan gedacht kan worden in deze casus zijn:

- Afzet van baggerspecie binnen het gebied en met name baggerspecie uit de teensloot afzetten op de oever van de Westdijk (standstillprincipe).
- Voorafgaand aan de baggerwerkzaamheden de watergangen doorspoelen (voor zover nog niet van toepassing).
- De baggerspecie zo veel mogelijk (gelijkmatig) over het gehele perceel verspreiden.
- Monitoring van eventueel optreden effecten om zo nodig tijdig maatregelen te kunnen treffen.

3.2 Wettelijk normkader waterbodembodem

De beoordeling van waterbodembodemkwaliteit is impliciet geregeld binnen de BKMW en is gericht op het watersysteem. Er bestaat dus geen specifiek normenkader voor de waterbodembodem. Organismen die sterk afhankelijk zijn van de waterbodembodemkwaliteit worden daardoor niet expliciet beschermd.

Indien de (verbetering van de) waterkwaliteit gehinderd wordt door de kwaliteit van de waterbodembodem, kan dit aanleiding zijn voor een maatregel die de negatieve effecten van de waterbodembodem reduceert (denk aan het uitnemen van de baggerspecie). Maatregelen voor het behalen van de waterkwaliteitsdoelstellingen, waaronder mogelijk een ingreep in de waterbodembodem, worden afgewogen en beoordeeld op kosteneffectiviteit (Osté, 2012). In de casus Westdijk is de kwaliteit van de waterbodembodem niet bepalend voor de kwaliteit van het oppervlaktewater, maar is het water juist bepalend voor de kwaliteit van de waterbodembodem. Zolang het oppervlaktewater onder invloed staat van het water uit de teensloot, is het dus niet doelmatig om de waterbodembodemkwaliteit te toetsen aan bestaande wet- en regelgeving, omdat deze alle als doel hebben om de waterkwaliteit te verbeteren door invloed uit te oefenen op het sediment.

3.3 Advieswaarden vee en landbouwkundige doeleinden

Bescherming van de landbouwproductie wordt overwegend in andere kaders geregeld (Warenwet, veevoedernormen) en dus niet door specifieke bodemnormen. Er zijn advieswaarden afgeleid (de LAC 2006-waarden, Römkens et al., 2007), die dienen als kennisbron om de risico's voor de landbouwproductie te beoordelen.

De in 2006/2007 gereviseerde LAC-waarden zijn bedoeld als richtlijn voor de beoordeling van de bodembodemkwaliteit voor landbouwkundige doeleinden en hebben geen juridische status. De LAC-waarden zijn afgeleid voor de bodemtypen zand, klei en veen en voor verschillende vormen van landbouwkundig gebruik. De mogelijke eindpunten die gebruikt zijn voor de afleiding van LAC-waarden zijn: warenwetnormen (voor dierlijke en/of plantaardige producten), veevoedernormen, normen voor diergezondheid en normen voor fytotoxiciteit.

In Tabel 9 staat een aantal normen die zijn gebruikt voor de beoordeling van bodembodemkwaliteit, algemeen voor landbouw en voor ecologie (NOBO, 2007). Het verschil tussen de LAC-waarden enerzijds en de Maximale waarden voor Landbouw/natuur (gelijk aan Achtergrondwaarde) anderzijds is dat de LAC-waarden de grens aangeven waarboven – mogelijk – een effect kan optreden. De Achtergrondwaarden zijn representatief voor gronden die niet specifiek belast zijn en de bijbehorende concentraties zijn logischerwijs lager dan de LAC-waarden. Een uitzondering daarop vormt koper. De relatief lage LAC-waarde van 30 mg kg⁻¹ is specifiek afgeleid voor schapen en dan in het bijzonder de Texelaar die gevoelig is voor koper. Recent veldonderzoek (Römkens en Linders, 2019) laat overigens zien dat deze lage waarde in gronden met veel organische stof veelal niet tot risico's leidt.

Voor ecologie geldt de Maximale waarde Landbouw/natuur (ook wel Achtergrondwaarde) als grens voor het beschermingsniveau Hoog. Dit is het strengste generieke beschermingsniveau (ook rekening houdend met doorvergiftiging). De maximale ecologische waarde op middenniveau (HC20⁴), waarbij wordt uitgegaan van een bescherming tussen het hoge niveau (Achtergrondwaarde) en lage niveau (Ernstig Risiconiveau of HC50), is hier ook weergegeven in Tabel 9. Tot slot is de streefwaarde voor sediment gegeven voor de standaardbodem (10% organische stof en 25% lutum).

⁴ HC/20/50 = Hazardous concentration; dit is de concentratie waarbij respectievelijk 20/50 procent van de soorten effect ondervinden.

Tabel 9 Overzicht van bodemnormen en advieswaarden voor landbouw.

Stof	Eenheid	LAC-waarde grasland	Maximale waarde Bodem – Landbouw ¹	Ecologie (middenniveau generiek)	Streefwaarde sediment
Barium [Ba]	mg kg ⁻¹	-	190	552	160
Cadmium [Cd]	mg kg ⁻¹	2-3 ²	0.6	3.7	0.8
Calcium [Ca]	mg kg ⁻¹	-	-	-	-
IJzer [Fe]	% ds	-	-	-	-
Kalium [K]	mg kg ⁻¹	-	-	-	-
Kobalt [Co]	mg kg ⁻¹	-	15	35	9
Koper [Cu]	mg kg ⁻¹	30-80	40	54	36
Kwik [Hg]	mg kg ⁻¹	2	0.15	8.4	0.3
Lood [Pb]	mg kg ⁻¹	150	50	214	85
Molybdeen [Mo]	mg kg ⁻¹	-	1.5	88	3
Natrium [Na]	mg kg ⁻¹	-	-	-	-
Nikkel [Ni]	mg kg ⁻¹	50-60	35	34	35
Zink [Zn]	mg kg ⁻¹	660-720	140	198	140
Chloride	mg kg ⁻¹	-	-	-	-
Fluoride (totaal)	mg kg ⁻¹	-	-	-	-
Bromide	mg kg ⁻¹	-	-	-	-
Sulfaat (als SO ₄)	mg kg ⁻¹	-	-	-	-
PAK 10 VROM (0,7 factor)	mg kg ⁻¹	3.4	-	-	1
PCB som 7 (0,7 factor)	mg kg ⁻¹	0.1-0.2	0.02	-	0.02
Minerale olie C10 - C40	mg kg ⁻¹	-	-	-	-

¹ Deze zijn gelijk aan de Achtergrondwaarde voor Bodem zoals opgenomen in de Regeling Bodemkwaliteit; tevens gelijk aan de grenswaarde voor Ecologie op beschermingsniveau Hoog.

² Range komt overeen met waarden in zand – klei of veen (minimum – maximumwaarde).

3.4 Overige advieswaarden, richtlijnen en indicatieve waarden

3.4.1 Kwaliteit Oppervlaktewater t.b.v. veedrenking en irrigatiewater

Het oppervlaktewater in de sloten van de polder gelegen achter de dijk wordt gebruikt als irrigatiewater en voor veedrenking. Daarmee is de kwaliteit van het water dus van invloed op dieiergezondheid en/of productkwaliteit (gras). Daarnaast heeft de samenstelling van het water invloed op de zoutsterkte in de bodem en daarmee op zowel ecologie als gewas(groei). Ter bescherming van o.a. dieiergezondheid, gewasproductie en ecologie bestaan voor een aantal stoffen, met name zouten als Cl, NH₄ en SO₄, richtlijnen of advieswaarden die een maat zijn voor een goede, matige of slechte kwaliteit. Voor andere stoffen, zoals een deel van de metalen, bestaat er een bovengrens van de gewenste kwaliteit. Overigens kunnen deze waarden per land variëren. In Nederland hanteert men voor zouten de richtlijnen zoals opgesteld door de Gezondheidsdienst voor Dieren (GD, Tabel 10).

In Canada en Australië/Nieuw Zeeland heeft men daarnaast voor een aantal metalen aanvullende richtlijnen, deze staan samengevat in Bijlage 1. In Bijlage 2 en 3 staan de Nederlandse richtlijnen en een samenvatting van aanvullende criteria (Huinink, 2011). In Tabel 11 staan deze samengevat voor die stoffen waarvoor metingen verricht zijn (niet voor alle stoffen zijn advieswaarden beschikbaar).

Tabel 10 Overzicht van kwaliteitsgrenzen voor water voor veedrenking (GD, 2019) in mg L⁻¹.

Stof	Dier	Goed	Matig	Slecht	Richtlijn Canada
Cl ⁻	Rund/Kalf/Paard	< 250	250-2000	>2000	Geen richtlijn
SO ₄ ²⁻	Rund/Kalf/Paard	<100	100-250	>250	1000
pH	Rund/Kalf/Paard	5-8	Tussen 4-5, of 8-9	<4 of >9	
NH ₄ ⁺	Rund	<2	2-10	>10	
	Kalf	<0.5	0.5-2	>2	
	Paard	<1	1-2	>2	
Na ⁺	Rund	<800	800-1500	>1500	geen
	Kalf/Paard	<400	400-800	>800	
Fe-totaal	Rund/Paard	<0.5	0.5-10	>10	geen
	Kalf	<0.2	0.2-0.5	>0.5	
Mn-totaal	Rund/Paard	<1000	1000-2000	>2000	geen
	Kalf	<500	500-1000	>1000	

Tabel 11 Overzicht van ranges in gerapporteerde advieswaarden voor veedrenking.

Stof	Eenheid	Bovengrens advieswaarde	Stof	Eenheid	Bovengrens advieswaarde
aluminium	µg L ⁻¹	5000	kwik	µg L ⁻¹	2-10
arseen	µg L ⁻¹	25-500	lood	µg L ⁻¹	100
barium	µg L ⁻¹	-	magnesium	mg L ⁻¹	250
beryllium	µg L ⁻¹	-	mangaan	µg L ⁻¹	500-2000
bromide	mg L ⁻¹	-	molybdeen	µg L ⁻¹	100-500
cadmium	µg L ⁻¹	10-80	natrium	mg L ⁻¹	800-1500
calcium	mg L ⁻¹	1000	nikkel	µg L ⁻¹	100-1000
chloride	mg L ⁻¹	250-2000	nitraat	mg L ⁻¹	23-400
chromium	µg L ⁻¹	50-1000	nitriet	mg L ⁻¹	0.1-10
fluoride	mg L ⁻¹	1000-2000	strontium	µg L ⁻¹	
EC	mS/cm	8	sulfaat	mg L ⁻¹	250-1000
ijzer	mg L ⁻¹	0.2-10	tin	µg L ⁻¹	
kalium	mg L ⁻¹	-	vanadium	µg L ⁻¹	100
kobalt	µg L ⁻¹	1000	zink	µg L ⁻¹	250-50000
koolstof organisch	mg L ⁻¹	-	pH	-	9

Omdat PFAS in het oppervlaktewater is gemeten, vatten we hier ook de bestaande risicogrenswaarden samen (Tabel 12).

Tabel 12 Overzicht van vigerende normen, richtlijnen of indicatieve waarden voor PFOS en PFOA.

Norm	Beschermingsdoel	Stof	Normwaarde	Referentie
Grondwater (NL)	Drinkwater – levenslange blootstelling	PFOA	0.39 µg L ⁻¹	Lijzen et al., 2018
	Drinkwater – levenslange blootstelling	PFOS	4.7 µg L ⁻¹	Wintersen et al., 2016
Grondwater (NL)	MTR-ECO (HC5) ¹	PFOA	30 µg L ⁻¹	Lijzen et al., 2018
Oppervlaktewater	MAC-MKE ²	PFOS	36 µg L ⁻¹	Wintersen et al., 2016
Grondwater	MTR-ECO (HC5)	PFOS	0.023 µg L ⁻¹	Wintersen et al., 2016
Verspreiding van grondwater naar oppervlaktewater			0,33 µg L ⁻¹ (indicatief)	Wintersen et al., 2016
Drinkwater			0,53 µg L ⁻¹	Wintersen et al., 2016
Visconsumptie			0,038 mg kg ⁻¹	Wintersen et al., 2016
Grondwater (Canada)		PFOS	6.8 µg L ⁻¹	

¹ Maximaal toelaatbaar risico voor ecologie (HC5).

² De maximaal aanvaardbare concentratie voor kortdurende blootstelling.

3.5 Risicobeoordeling Ecologie

3.5.1 Bestaande risicogrenzen

Voor een aantal stoffen dat wordt gemeten in de casus Westdijk, bestaan ecologische risicogrenswaarden. In Tabel 13 zijn deze zogenoemde Ernstige risiconiveaus (ER, HC50) samengevat. Zoals ook beschreven in paragraaf 3.1.2 is dit de bodemconcentratie die leidt tot 50% potentieel aangetaste soorten of bodemprocessen.

Voor sulfaat bestaat er geen ER, maar in Brand et al. (2008) is voor grondwater geconcludeerd dat de acute toxiciteit vergelijkbaar is aan die van chloride. Door deze redenering door te trekken voor sulfaat in bodem kan een indicatie van de mogelijke risico's worden verkregen.

Tabel 13 Beschikbare ecologische risicogrenzen voor verontreinigingen casus Westdijk.

Stof	Eenheid	Ernstig Risiconiveau
Barium [Ba]	mg kg ⁻¹	890 ¹
Cadmium [Cd]	mg kg ⁻¹	13 ¹
Calcium [Ca]	mg kg ⁻¹	
IJzer [Fe]	% ds	
Kalium [K]	mg kg ⁻¹	
Kobalt [Co]	mg kg ⁻¹	180 ¹
Koper [Cu]	mg kg ⁻¹	96 ¹
Kwik [Hg]	mg kg ⁻¹	36 ¹ (anorganisch)
Lood [Pb]	mg kg ⁻¹	580 ¹
Molybdeen [Mo]	mg kg ⁻¹	190 ¹
Natrium [Na]	mg kg ⁻¹	
Nikkel [Ni]	mg kg ⁻¹	100 ¹
Zink [Zn]	mg kg ⁻¹	350 ¹
Chloride	mg kg ⁻¹	390 ²
Fluoride (totaal)	mg kg ⁻¹	
Bromide	mg kg ⁻¹	
Sulfaat (als SO ₄)	mg kg ⁻¹	390 ³
PAK 10 VROM (0,7 factor)	mg kg ⁻¹	40 ¹
PCB som 7 (0,7 factor)	mg kg ⁻¹	3,4 ⁴
Minerale olie C10 - C40	mg kg ⁻¹	

¹ Lijzen et al. (2001).

² Verbruggen et al. (2008).

³ Waarde indien aangenomen wordt dat deze gelijk is aan chloride (Brand et al., 2008).

⁴ Verbruggen et al. (2001).

3.5.2 Aanvullende literatuuranalyse ecologie

Omdat op enkele locaties, met name bij de 'witte vlek', verhoogde concentraties aan zouten in de bodem werden gevonden, is door middel van een korte literatuurrecherche gezocht naar effectgegevens van de aangetroffen zouten (chloride, bromide, sulfaat) voor bodemfauna en microbiële processen.

3.5.2.1 Bodemfauna

De ongewervelde bodemfauna is van belang voor bodems en voor de hogere dieren die op de bodem leven. Onder andere regenwormen, potwormen, springstaarten en nematoden bevorderen de afbraak van organisch materiaal in de bodem, dragen bij aan een goede structuur (m.n. regenwormen) en dienen als voedsel voor 'hogere' dieren als kleine zoogdieren en vogels.

De recherche werd uitgevoerd met het onlinedatabestand Scopus met gebruikmaking van diverse Engelse zoektermen voor zout, zouten en bodemfauna. Het zoeken leverde enkele honderden 'hits' op, waarvan de titels en soms de abstracts werden geselecteerd. Uiteindelijk bleek slechts een handvol publicaties geschikt, in de meeste gevallen met informatie over regenwormen. Er is vrijwel zeker meer literatuur te vinden met bruikbare gegevens. Een uitgebreid en meer systematisch literatuuronderzoek paste niet binnen de scope van de huidige opdracht.

In Tabel 14 zijn de literatuurgegevens samengevat. De samenvatting bevat per type zout en per groep ongewervelden toxiciteitsgegevens m.b.t. overleving, groei, reproductie (aantal nakomelingen en/of cocons) en beweging (mobiliteit, 'motiliteit' en/of ontwijking van contaminanten), voor zover hier informatie over werd gevonden. De in Tabel 14 gerapporteerde waarden zijn de 'No Observed Effect Concentration' (NOEC = hoogste experimentele concentratie waarbij nog geen effect optreedt), de 'Lowest Observed Effect Concentration' (LOEC = laagste experimentele concentratie waarbij al een effect optreedt) en de LC50 (=lethal concentration waarbij 50% overleeft) of EC50 (effect concentration waarbij 50% effect optreedt). Overschrijding van de LOEC duidt op een gerede kans op een effect en overschrijding van de L(E)C50 (afkorting voor LC50 en/of EC50) duidt op een stevig effect van 50%. Bij geschikte toxiciteitswaarden uit dezelfde en/of verschillende studies is de geometrisch gemiddelde waarde berekend. In Tabel 14 wordt aangegeven op hoeveel parameterwaarden een gemiddelde berust. De gevonden artikelen betroffen vrijwel zonder uitzondering laboratoriumexperimenten waarbij verschillende hoeveelheden zouten werden toegevoegd. De toxiciteitsgegevens worden in dat geval gerapporteerd als bijvoorbeeld mg NaCl per kg.

In veel experimenten zijn echter niet de toegevoegde zouten gemeten, maar de saliniteit van de bodems. Dit geschiedde in de meeste gevallen door meting van de elektrische geleidbaarheid (EGV), uitgedrukt in mS cm^{-1} of in dS m^{-1} (zelfde eenheid). De toxiciteitsgegevens op basis van de geleidbaarheid worden in de tabel apart gerapporteerd. In sommige gevallen werd in studies zowel de hoeveelheid toegevoegd zout als de geleidbaarheid gemeten, maar in veel experimenten is slechts een van beide parameters gemeten. Bij samenvatting van de toxiciteitsgegevens op basis van elektrische geleidbaarheid is geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende zouten. Dit was vaak ook niet mogelijk. Daarom zijn al deze gegevens voor dezelfde parameters gemiddeld.

Veruit de meeste gegevens werden gevonden over regenwormen (Oligochaeta) en keukenzout (NaCl). Het aantal studies en gegevens over andere zouten was beduidend minder. De tabel laat zien dat er bij circa 700-1000 mg NaCl in de bodem nog weinig effecten optreden. Vanaf circa 1400-4000 mg kg^{-1} beginnen er allerlei effecten op de wormen op te treden en al bij 6000 mg kg^{-1} is de sterfte onder de wormen 50%. Voor de overige zouten zijn er minder goede gegevens. L(E)C50-waarden voor overleving en groei van regenwormen voor KCl, CaCl_2 en Na_2SO_4 zijn in de range van circa 6000 tot circa 11000 mg kg^{-1} . Kaliumbromide (KBr) is toxischer, met een LC50 van circa 300 mg kg^{-1} .

Tabel 14 Toxiciteit van verschillende zouten en saliniteit voor ongewervelde bodemdieren. De waarden zijn geometrisch gemiddeldes met tussen haakjes het aantal parameterwaarden waarop het gemiddelde is gebaseerd.

Organisme	NOEC	LOEC	L(E)C50
<i>Zouten (concentratie in mg kg⁻¹)</i>			
Regenwormen en potwormen	NaCl	NaCl	NaCl
Overleving	2000 (1)	4000 (1)	6012 (2)
Groei	1000 (1)	2000 (1)	3655 (2)
Reproductie	1000 (1)	2000 (2)	3655 (1)
Beweging	707 (2)	1414 (2)	881 (2)
Regenwormen en potwormen	KCL	KCL	KCL
Overleving	-	-	7903 (1)
Groei	-	-	5890 (1)
Regenwormen en potwormen	CaCl ₂	CaCl ₂	CaCl ₂
Overleving	-	-	9020 (1)
Groei	-	-	6490 (1)
Regenwormen en potwormen	Na ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄
Overleving	-	-	10650 (1)
Groei	-	-	9798 (1)
Regenwormen en potwormen	KBr	KBr	KBr
Overleving	-	-	298 (1)
<i>Saliniteit (EGV in mS cm⁻¹)</i>			
Regenwormen en potwormen	EGV	EGV	EGV
Overleving	0,73 (2)	1,16 (2)	2,25 (4)
Groei	0,20 (2)	0,73 (2)	1,82 (4)
Reproductie	0,15 (3)	0,65 (3)	-
Beweging	0,36 (4)	0,65 (4)	0,26 (1)
Springstaarten			
Overleving	-	>1,62 (1)	-
Groei	0,52 (1)	1,03 (1)	-
Nematoden	EGV	EGV	EGV
Overleving	-	30 (1)	-
Beweging	5 (3)	30 (2)	-

Bronnen: Edwards & Bater (1992), Owojori et al. (2009), Owojori & Reinecke (2009), Guzyte et al. (2011), Nielsen et al. (2011), Owojori & Reinecke (2014).

3.5.2.2 Microbiële bodemprocessen

Microbiële bodemprocessen zoals mineralisatie, respiratie, nitrificatie en denitrificatie houden de kringlopen van o.a. koolstof en stikstof in stand. Zij zijn cruciaal voor de bodemvruchtbaarheid.

Analoog aan de bodemfauna is in Scopus beknopt naar literatuur gezocht over de effecten van zouten en saliniteit op deze processen. De gevonden gegevens worden samengevat in Tabel 15. Over de effecten van zouten op processen werden nog minder geschikte publicaties gevonden dan voor de bodemfauna. Tevens liepen het type metingen en de gerapporteerde parameters sterk uiteen. De geschiktste gegevens werden gevonden voor NaCl en saliniteit in combinatie met koolstofmineralisatie/respiratie, nitrificatie en denitrificatie (Tabel 15).

Tabel 15 Toxiciteit van verschillende zouten en saliniteit in relatie tot microbiële processen. De waarden zijn geometrisch gemiddelde waarden (tussen haakjes het aantal parameterwaarden waarop het gemiddelde is gebaseerd).

Organisme	NOEC	LOEC	L(E)C50
<i>Zouten (concentratie in mg kg⁻¹)</i>			
	NaCl	NaCl	NaCl
C-mineralisatie/respiratie	1000 (2)	10000 (2)	-
Nitrificatie	-	>1000 (1)	-
Denitrificatie	1732 (2)	4243 (2)	-
Dehydrogenase activiteit	-	>10000 (1)	-
	KCL	KCL	KCL
Dehydrogenase activiteit	-	>10000 (1)	-
	Na ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄
Dehydrogenase activiteit	-	>10000 (1)	-
	K ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄
Dehydrogenase activiteit	-	>10000 (1)	-
<i>Saliniteit (EGV in mS cm⁻¹)</i>			
	EGV	EGV	EGV
C-mineralisatie/respiratie	2.3 (4)	8.2 (3)	100 (1)
Nitrificatie	1.13 (1)	1.83 (1)	-
Denitrificatie	1.13 (1)	1.83 (1)	-

Bronnen: Azam & Müller (2003), Malkomes & Lemnitzer (2007), Wong et al. (2008), Setia et al. (2011), Zeng et al. (2013), Rath & Rousk (2015).

4 Risico's

Uit het voorgaande is gebleken dat er in de onderzochte gebieden sprake is van beïnvloeding van de waterbodem en oppervlaktewaterkwaliteit. Samenvattend zijn de volgende effecten aanwezig:

1. Verhoogde concentraties aan zouten in waterbodem die als baggerspecie op de omliggende weilanden wordt opgebracht.
2. Verhoogde concentraties aan zout in het oppervlaktewater en de waterbodem dat dient (of kan dienen) als drinkwater of irrigatiewater, waarbij de landbouwkundige gebruiksfunctie vrijwel uitsluitend grasland is (beweid of als vogelhabitat). De verhoogde concentraties in oppervlaktewater komen vooral in de winterperiode voor. Dit komt vooral door het inlaten van, en spoelen met, schoon water gedurende de zomerperiode (verdunding). Tevens is de kans op uitloging van zouten uit de dijk in de winter groter als gevolg van de grotere neerslaghoeveelheden.
3. In het oppervlaktewater (teensloot) direct langs de dijk zelf is er naast de zoutgehaltes sprake van licht verhoogde concentraties aan o.a. kobalt (Co), nikkel (Ni), molybdeen (Mo) in de (water)bodem. Voor deze elementen geldt echter dat dit effect op grotere afstand van de dijk (> 100 m) niet aangetroffen wordt.

Voor de als mogelijk risicostoffen aangemerkte contaminanten geldt dat deze in de waterbodem niet zijn aangetroffen (PFAS) of niet in verhoogde concentraties (groot deel van de zware metalen). Verspreiding van verontreinigingen via baggerspecie is op dit moment niet aan de orde, zoals ook is aangetoond in het onderzoek naar de kwaliteit van de bodem in plekken mét en zonder baggerspecie. De gemeten concentraties voor PFAS in het oppervlaktewater, ook weer geconcentreerd langs de dijk, zijn zonder uitzondering laag en liggen allemaal onder vigerende normen voor waterkwaliteit. Voor vee geldt daarbij dat erop dit moment voor deze stoffen geen advieswaarden voor drenking zijn.

4.1 Risico's voor landbouw

Voor een analyse van risico's voor landbouw baseren we ons op de volgende kwaliteitseisen dan wel richtlijnen:

1. Waterkwaliteit voor veedrenking en irrigatiewater. Hierbij hanteren we zowel de Nederlandse advieswaarden zoals gegeven door de Gezondheidsdienst voor dieren (GD) alsook internationale richtlijnen voor die stoffen waarvoor in Nederland geen advieswaarde bestaat (zie Bijlage 1, 2 en 3 voor een overzicht).
2. Bodemkwaliteit voor landbouw. Voor een aantal stoffen, onder meer een aantal metalen (m.n. Cd, Cu, Pb, Zn, Cu, Hg, chroom (Cr) en Ni), bestaan specifieke richtlijnen voor landbouw (LAC-waarden, Römken et al., 2008). Deze hebben als uitgangspunt het beschermen van productkwaliteit en diergezondheid. Voor die stoffen waarvoor een dergelijke advieswaarde ontbreekt, hanteren we de vigerende maximale waarden voor landbouw (zijnde de achtergrondwaarde). Deze zijn weliswaar niet specifiek gebaseerd op kwaliteit van voedsel of diergezondheid, maar indien een bodem aan deze waarden voldoet, mag aangenomen worden dat er geen sprake is van verhoogde risico's.
3. Zoutschade als gevolg van de kwaliteit van irrigatiewater. Als gevolg van de aanwezigheid van zouten in oppervlaktewater, water en grondwater kan er sprake zijn van gewasschade als dit water voor irrigatie wordt toegepast. Om dit te voorkomen, zijn er richtlijnen voor de kwaliteit van irrigatiewater voor gewassen. Daarbij gaan we hier uitsluitend in op het gebruik van de bodem als grasland. Dit omdat de eisen t.a.v. waterkwaliteit sterk verschillen tussen verschillende gewasgroepen en omdat er momenteel sprake is van grasland op de desbetreffende percelen.

4.1.1 Veedrenking

De verhoogde concentraties aan Cl, Br, SO₄ en of Mn in het slootwater kunnen, indien deze gedurende langere tijd de advieswaarden overschrijden, tot problemen met diergezondheid leiden. In Tabel 10 staan de vigerende Nederlandse grenswaarden voor een aantal stoffen (Gezondheidsdienst voor Dieren, versie 2019). Voor de relevante stoffen is in Tabel 4 een overzicht gegeven van de gemiddelde waarde, de standaarddeviatie en de maximaal aangetroffen waarde. In Tabel 16 staat de combinatie van beide voor die stoffen waar in Nederland richtlijnen voor zijn.

Tabel 16 Overzicht van relevante zouten in relatie tot kwaliteitseisen voor drinkwater voor vee (in mg L⁻¹).

Stof	dier	Gemiddelde waarde	Goed ¹	Slecht ¹
Cl ⁻	Rund/Kalf/Paard	185	< 250	>2000
SO ₄ ²⁻	Rund/Kalf/Paard	126	<100	>250
pH	Rund/Kalf/Paard	7.7	5-8	<4 of >9
NH ₄ ⁺	Rund	1.0	<2	>10
	Kalf		<0.5	>2
	Paard		<1	>2
Na ⁺	Rund	130	<800	>1500
	Kalf/Paard		<400	>800
Fe-totaal	Rund/Paard	0.4	<0.5	>10
	Kalf		<0.2	>0.5
Mn-totaal	Rund/Paard	392	<1000	>2000
	Kalf		<500	>1000

¹ Goed: voldoet aan alle kwaliteitseisen, slecht overschrijdt alle kwaliteitseisen.

Uit Tabel 16 blijkt dat er op basis van de gemiddelde gebiedsconcentraties geen problemen te verwachten zijn (de grens 'slecht' wordt gemiddeld gezien niet overschreden). Wel moet bedacht worden dat dit een overzicht is van alle onderzochte sloten, variërend van de referentiesloten tot en met de meest door uitloging beïnvloede sloten. Wanneer een koe of paard uit een specifiek belaste (met dus gemiddeld hogere waarden) of juist onbelaste of gespoelde sloot drinkt, kan de werkelijke inname dus afwijken van een gebiedsgemiddelde waarde zoals benoemd in Tabel 4.

Voor een aantal stoffen, Cl, Na, ijzer (Fe), Mo, Mn, SO₄ en totale zoutsterkte (EC), liggen de *maximaal* aangetroffen waarden hoger dan de advieswaarden. Daarbij liggen de gevonden waarden in de buurt van of – voor o.a. Na, Cl en SO₄ – incidenteel boven de adviesgrenswaarde. Voor deze hoge waarden geldt zonder uitzondering dat ze aangetroffen zijn in de winterperiode. Het merendeel van deze overschrijdingen wordt daarbij aangetroffen in meetpunt 284901 (locatie B14) en andere meetpunten in de teensloot. Het aanvullende onderzoek van april 2019 laat zien dat voor een deel van de zouten (m.n. Cl en Na) ook in de afgedamde sloten sprake is van verhoogde concentraties die in dezelfde orde van grootte liggen als die in de teensloot. Deze monitoring is echter maar beperkt (drie dagen in april 2019) uitgevoerd en uitspraken over de mogelijke variatie van de gehalten in het water binnen een jaar zijn dus niet mogelijk voor deze afgedamde sloten. Overigens werd voor Cl en SO₄ (evenals voor NH₄, data niet weergegeven) de advieswaarde voor veedrenking en de advieswaarde voor irrigatie van gras niet overschreden in de monsters uit april 2019.

In de andere sloten die ververst worden, liggen de maximaal aangetroffen gehalten vrijwel altijd lager dan de advieswaarden en kan dit water dus zonder beperking gebruikt worden.

Ondanks de hoge zoutgehalten ligt de totale, gemiddelde (d.w.z. gebaseerd op alle metingen gedurende de gehele monitoringsperiode) zoutsterkte (EC) op een gemiddeld goed niveau (1.2 mS cm⁻¹, alle data, alle meetlocaties), wat in elk geval niet beperkend zou moeten zijn voor gebruik als drinkwater of irrigatiewater (Huinink, 2011). Daarbij geldt het voorbehoud dat deze gemiddelde –lagere– waarden vooral bepaald worden door de metingen in het achterliggende poldergebied (dus niet in de teensloot). Voor dit (achterliggende) gebied geldt dus zeker dat er geen risico's te verwachten zijn ten aanzien van

het gebruik van oppervlaktewater voor drinkwater of irrigatiewater. Voor het water in de teensloot geldt dit niet en liggen met name de metingen in de winter rond of boven de advieswaarden. Voor dit water geldt daarom wel een voorbehoud voor gebruik, maar voor zover bekend wordt dit water op dit moment al niet meer gebruikt, juist vanwege de gemeten hogere gehalten aan zouten en metalen in een deel van het jaar.

4.1.2 Landbouwbodem

De gemeten gehalten in de bodem zijn vergeleken met de LAC-signaalwaarden. In de onderzochte percelen voldoen de gemiddelde gehalten aan de LAC-signaalwaarden (Tabel 9). Een aantal maximaal gemeten concentraties voor o.a. lood en koper ligt boven de LAC-signaalwaarden, maar dit betreft de testgronden *zonder* de afzet van baggerspecie. Verhoogde concentraties aan metalen als Cu, Pb, en Zn komen veelvuldig voor in veengronden (zie o.a. Straetmans et al., 2005; Rietra en Römken, 2007). Dit is deels het gevolg van het sterk bindende vermogen van dergelijke gronden, waardoor metalen die aan de bodem toegediend worden (mest, atmosfeer) vrijwel voor 100% in de bodem vastgelegd worden. Deels zijn dergelijk verhoogde concentraties regionaal ook gerelateerd aan het (historisch, d.w.z. sinds de Middeleeuwen) opbrengen van stedelijk afval (Toemaakgronden). Dergelijke gronden komen in het Veenweidegebied van Zuid-Holland en Utrecht veel voor. Of dat hier ook het geval is, valt niet te achterhalen; feit is dat in een deel van de Veenweidegronden, en zeker die gebieden waar ophoging met toemaak heeft plaatsgevonden, de gemiddelde concentraties aan de genoemde metalen nog hoger zijn dan hier gerapporteerd. Eerder onderzoek in Veenweidegebieden met vergelijkbare of hogere concentraties aan lood en koper toonde aan dat ook bij dergelijke verhoogde concentraties geen effecten op diergezondheid zijn waargenomen (Rietra en Römken, 2007). Daarbij is zowel rekening gehouden met de inname van gras alsook met de daaraan hangende grond die dieren (zowel schapen als runderen en paarden) via grazen binnenkrijgen.

Concluderend kan voor bodem gesteld worden dat het opbrengen van baggerspecie alleen voor sulfaat leidt tot een stijging van de concentratie in de bodem, zodanig dat de aangetroffen concentraties hoger zijn dan wat in Nederland gangbaar is in niet-specifiek belaste gebieden (op basis van data in het AW2000-bestand en de Geochemische Bodematlas). Voor alle andere elementen geldt dat dit effect veel minder is. Voor organische stof, K, Co en Na leidt het opbrengen van baggerspecie weliswaar tot een significant hogere concentratie, maar ligt dit, na eenmalige toediening, nog steeds in dezelfde orde van grootte als in niet-specifiek belaste gronden in Nederland.

4.1.3 Schade aan gewas bij gebruik van brak of zout irrigatiewater

Door de verhoogde concentraties aan met name Cl bestaat de kans op schade aan het gewas. Gras geldt echter als zouttolerant (Van Dam et al., 2007; Stuyt et al., 2016) en gerapporteerde schadedrempels variëren van 1000 mg L⁻¹ voor Cl in gietwater (Van Dam et al., 2007) tot 2000-3600 mg L⁻¹ in bodemvocht (Van Dam et al., 2007; Stuyt et al., 2016). Stuyt et al. (2016) geven daarbij aan dat de gemiddelde schadedrempel voor de EC ongeveer 7 mS cm⁻¹ bedraagt. Dat betekent dat zeker gedurende het groeiseizoen, waarbij de in het oppervlaktewater gemeten Cl-concentraties laag zijn (zie Bijlage 4), er geen risico voor gewasschade bestaat wanneer dit water voor irrigatie wordt gebruikt. Van Dam et al. (2007) geven ook een formule waarbij het percentage oogstderiving berekend kan worden, maar daarbij is pas sprake van schade indien de concentraties in het bodemvocht hoger zijn dan 3600 mg Cl L⁻¹ (Van Dam et al., 2007). In het oppervlaktewater, dat gebruikt kan worden als irrigatiewater, wordt – gebaseerd op de huidige monitoringsdata – deze waarde niet overschreden. In welke mate dergelijke concentraties in het bodemvocht bereikt worden, is op basis van de beschikbare data niet vast te stellen. Dat kan echter eenvoudig geschat worden door het bepalen van de EC van het bodemvocht in de betreffende percelen. Op dit moment is deze informatie echter niet voorhanden en kan er daarom geen inschatting gemaakt worden van de kans op gewasschade als gevolg van de aanwezige zoutconcentraties. Op basis van de EC van het oppervlaktewater (gemiddeld 1.2 mS cm⁻¹) geldt dezelfde conclusie als voor veedrenking, namelijk dat deze voor de groei van het gras op basis van gemiddelde concentraties niet beperkend zal zijn. Ook hier geldt de noot dat in de winterperioden in een aantal meetlocaties (met name locatie Bunschoten 14) de EC tijdelijk boven de gerapporteerde effectgrens voor gras ligt (Stuyt et al., 2016: 7 mS cm⁻¹).

Voor andere zouten dan Cl is er weinig informatie over advieswaarden. Voor Br wordt door de Projectgroep Waternood (1998) een attenderingswaarde van 4.0 mg L⁻¹ gegeven voor grasland. Overigens geldt dezelfde waarde ook voor alle andere soorten teelten. De gemiddelde concentratie van 5.8 mg L⁻¹ (zie Tabel 4) ligt daarboven. Zoals voor alle zouten geldt ook voor Br dat de concentratie sterk varieert in de tijd en tussen de meetpunten. Zo blijkt dat 77% van alle meetwaarden onder deze advieswaarde van 4 mg L⁻¹ ligt (alle data, alle tijdstippen, n=160). Van de meetwaarden boven de 4 mg L⁻¹ (39 in totaal) is 75% in de winterperiode gemeten en 25% (tien waarnemingen) in de periode april-september. Tien metingen liggen boven de advieswaarde voor veedrenking (10 mg L⁻¹). Opvallend is daarbij een aantal uitschieters van meetwaarden van meer dan 100 mg L⁻¹. Alle geconstateerde overschrijdingen van deze advieswaarden worden overigens aangetroffen in de sloot langs de dijk.

Op basis van deze data is het risico dat het gebruik van het oppervlaktewater als irrigatiewater tot effecten op de gewasgroei leidt gering. Hierbij geldt echter het voorbehoud dat onbekend is wat de EC in het werkelijke bodemvocht is en in welke mate kwelwater uit de sloot tot mogelijk hogere EC-waarden in de bodem zelf kan leiden. Dit is alleen vast te stellen door de EC van het bodemvocht te meten.

Deze bevindingen en conclusies gelden voor het achter de dijk liggende grasland, met uitzondering van die plekken waar zoutvorming is opgetreden. In en rondom deze plekken zal de zoutsterkte zodanig zijn (geen data) dat het zeer aannemelijk is (of waargenomen) dat gras schade zal ondervinden dan wel niet meer zal groeien.

4.2 Ecologische risico's

De beoordeling van ecologische risico's heeft zich gericht op:

1. De bodem van de weilanden in het gebied; op de percelen kunnen stoffen komen via het onder water zetten van percelen met mogelijk verontreinigd oppervlaktewater (plas-dras), het inunderen van percelen in perioden met hevige regenval of het op de kant zetten van verontreinigde baggerspecie;
2. De effecten van zouten – uit de voorgaande hoofdstukken is duidelijk geworden dat alleen zouten noemenswaardig en structureel verhoogd zijn in het achterliggende gebied en ook op de percelen terechtkomen ('witte' vlek);
3. Bodemleven, functioneren van de bodem en gebruik van het gebied door weidevogels.

4.2.1 Overschrijding van ecologische grenswaarden in de bodem

Om een indicatie van de risico's te kunnen geven, zijn de gemeten concentraties in de bodem vergeleken met drie ecologische beschermingsniveaus: achtereenvolgens het Ernstig Risiconiveau (ER, HC50), de maximale ecologische waarde op middenniveau (HC20) en de maximale waarde landbouw/natuur (Achtergrondwaarde, hoog ecologisch beschermingsniveau).

In Tabel 13 staan de beschikbare ecologische risicogrenzen voor verontreinigingen voor de casus Westdijk. Als de gemeten concentraties worden vergeleken met deze niveaus blijkt dat het ER nergens werd overschreden, met uitzondering van chloride en sulfaat.

Wanneer de bodemconcentraties van andere stoffen dan zouten worden getoetst aan de maximale ecologische waarden op middenniveau uit Tabel 9, overschrijden de maximale concentraties koper en nikkel de grenswaarde met een kleine marge. Voor geen van deze stoffen zijn de bodemconcentraties op de plaatsen in de weilanden waar baggerspecie is afgezet echter significant verhoogd ten opzichte van plaatsen in de percelen zonder afzet van baggerspecie (zie Tabel 7). Omdat er geen verhoging wordt aangetroffen tussen de monsterpunten met en zonder afzet van baggerspecie, is het aannemelijk dat de gemeten concentraties gebiedseigen concentratieniveaus zijn. Dit wordt bevestigd wanneer ze vergeleken worden met de data uit de Geochemische Atlas voor het gebied (Tabel 7).

De monitoring van de bodemkwaliteit toont aan dat er een aantal monsterlocaties is met verhoogde concentraties aan metalen (Tabel 7); daarbij bestaat er voor niet-mobiele stoffen als Cu en Ni geen directe relatie met de afstand tot de dijk. Vanwege de geconstateerde overschrijdingen van de genoemde maximale concentraties voor koper en nikkel op deze locaties, kunnen ecologische risico's niet geheel worden uitgesloten. Deze risico's zijn waarschijnlijk beperkt vanwege de geringe mate van overschrijding en het feit dat hier zeer waarschijnlijk sprake is van gebiedseigen concentraties.

Voor chloride is het Ernstig Risiconiveau in de bodem volgens Verbruggen et al. (2008) 390 mg kg⁻¹ d.s. De maximaal gevonden concentratie op de percelen waar baggerspecie is afgezet van 380 mg kg⁻¹ d.s. is hiermee gelijk aan dit risiconiveau. In de bodem van de 'witte vlek' wordt deze grenswaarde met circa een factor 2 overschreden (zie Tabel 8). Hier is dus sprake van een verhoogde kans op ecologische effecten door de aanwezigheid van chloride.

Voor bromide zijn geen ecologische grenswaarden bekend. Voor sulfaat stellen Brand et al. (2008) dat de acute toxiciteit in water (in mgL⁻¹) in grote mate gelijk is aan chloride. Indien deze redenering ook voor de bodem geldt, kan ter indicatie voor het Ernstig Risiconiveau van sulfaat ook een concentratie van circa 390 mg kg⁻¹ d.s. worden aangehouden. De gemeten maximumconcentraties in de bodem van het gebied op plekken met baggerspecie, en mogelijk ook de concentraties in de bodem van de 'witte vlek' (>200 mg kg⁻¹), overschrijden deze waarde met een factor 2 tot 5.

Samenvattend kan worden gesteld dat er ook voor de ecologie vooral een verhoogd risico is van zouten als chloride en sulfaat.

4.2.2 Aanvullende analyses bodemfauna en microbiële bodemprocessen

De toxiciteitsgegevens in Tabel 14 en Tabel 15 zijn gebruikt om een globale indruk te geven van effecten die verwacht kunnen worden van concentraties van zouten en saliniteit. Hierbij is vooral gekeken naar de range aan waarden voor de verschillende parameters en diergroepen en is bij benadering de mediaan van de laagste NOEC en LOEC gekozen. Indien alleen een L(E)C50-waarde beschikbaar was, is een kwart van de L(E)C50 als effectwaarde genomen. De afgeleide waarden voor bodemdieren en processen staan in respectievelijk Tabel 17 en Tabel 18. De gepresenteerde ranges zijn 'worst case', d.w.z. dat bij deze waarden en hoger mogelijk de eerste effecten op de gevoeligste parameters te verwachten zijn. De waarden moeten louter als indicatief worden beschouwd, het betreft absoluut geen normen of anderszins officiële grenswaarden. Omdat de zoutconcentraties in het gebied worden gerapporteerd op niveau van de individuele kationen of anionen, zijn de gegevens op basis van de atoomgewichten in de zouten omgerekend naar de verschillende ionen, in het geval van NaCl dus naar zowel Na⁺ als Cl⁻.

Tabel 17 *Indicatieve effectwaarden voor toxiciteit van verschillende zouten voor ongewervelde bodemdieren.*

Stressor	Zout (mg kg ⁻¹)	Kation (mg kg ⁻¹)	Anion (mg kg ⁻¹)
NaCl	1000	393 (Na ⁺)	607 (Cl ⁻)
KCl	1500	787 (K ⁺)	713 (Cl ⁻)
CaCl ₂	1600	578 (Ca ²⁺)	511 (Cl ⁻)
Na ₂ SO ₄	2500	405 (Na ⁺)	1691 (SO ₄ ²⁻)
KBr	75	25 (K ⁺)	50 (Br ⁻)
Saliniteit	0,40 mS/cm	-	-

De waarden in Tabel 7 met concentraties in de bodem waar baggerspecie op de kant is gebracht, zijn vergeleken met de waarden in Tabel 17. Van de anionen overschrijden de concentraties Cl⁻ en SO₄²⁻ net de indicatieve effectwaarde op de meest verontreinigde locaties waar baggerspecie is toegepast. Hier kan dus inderdaad sprake zijn van enig effect op de bodemfauna, met name op de regenwormen. De mediane concentraties van deze twee anionen overschrijden de afgeleide indicatieve effectwaarden niet, dus op veel van de locaties in het gebied worden geen noemenswaardige effecten op de

wormenfauna verwacht. Voor bromide geldt dat de hier afgeleide indicatieve effectwaarde in haar geheel niet wordt overschreden in de bodemonsters uit het gebied. De concentraties van dit anion zijn onder de kwantificatielimiet van de analyse (5 mg kg⁻¹).

De afgeleide indicatieve effectwaarde voor natrium wordt, evenals voor chloride en sulfaat, slechts op de locaties waar baggerspecie is toegepast, overschreden. Voor natrium is de verwachting qua effecten vergelijkbaar met de effecten van chloride. De afgeleide waarden voor de kationen kalium (zowel kaliumchloride als kaliumbromide) en calcium worden echter in alle bodemonsters uit Tabel 7 overschreden en soms met een flinke marge.

Op de 'witte vlek' is de veronderstelde zoutkorst samen met de bovenste 5 cm van de bodem bemonsterd. De gemeten concentraties van het anion bromide overschrijden hier de indicatieve effectwaarde voor bodemfauna niet. De concentratie chloride in de drie monsters uit de 'witte vlek' overschrijdt de gemiddelde effectwaarde uit Tabel 17 (610 mg kg⁻¹) met 25 tot 43%. Er is dus een gereede kans dat hier zoutstress bij het bodemleven optreedt. Voor sulfaat kan het effect in de 'witte vlek' niet geschat worden. De gemeten concentraties zijn gerapporteerd als groter dan (>) 200 mg kg⁻¹, maar de feitelijk aangetroffen concentratie is niet bepaald.

De elektrische geleidbaarheid in de bodem is niet in het gebied gemeten, waardoor de indicatieve effectwaarde van deze parameter voor bodemfauna niet kan worden getoetst.

Op dezelfde wijze als voor de bodemfauna is ook een tabel met indicatieve effectwaarden samengesteld voor de bodemprocessen (Tabel 18), maar de hoeveelheid beschikbare informatie is gering. De tabel maakt duidelijk dat voor de gevoeligste processen waar geschikte gegevens van zijn gevonden, de effectwaarden voor NaCl en saliniteit hoger liggen dan voor bodemfauna (m.n. wormen).

Tabel 18 *Indicatieve effectwaarden voor toxiciteit van verschillende zouten voor bodemprocessen.*

Stressor	Zout (mg kg ⁻¹)	Kation (mg kg ⁻¹)	Anion (mg kg ⁻¹)
NaCl	3000	1179 (Na ⁺)	1821 (Cl ⁻)
Saliniteit	1,48 mS/cm	-	-

De indicatieve effectwaarden voor natrium en chloride voor bodemprocessen werden noch in de bodem van de locaties met toepassing van baggerspecie, noch in de bodem van de 'witte vlek' overschreden. Het is daarom aannemelijk dat deze zoutionen in het gebied geen remming van bodemprocessen veroorzaken. Het verzamelde bewijsmateriaal voor deze voorlopige constatering is echter gering.

4.2.3 Weidevogels

De Eempolder is een zeer belangrijk gebied voor weidevogels. In de Bickerspolder-Noord, dat hier deel van uitmaakt, broeden onder andere grutto's, kieviten, tureluurs en scholeksters (Figuur 10). Vooral in het noordelijk deel van de polder tegen de Westdijk aan komen weidevogels voor op de percelen van boeren die daar land hebben. In het gebied buiten de Westdijk zitten ook veel weidevogels bij de 'Vitens-plasjes' (informatie Collectief Eemland), maar dit gebied valt buiten de beoordeling van deze casus. Een deel van de aanwezige weidevogels komt van nature ook voor in het mariene gebied en is daarmee minder gevoelig voor een zoute leefomgeving.

Figuur 10 Weidevogels in de Bickerspolder-Noord bij Bunschoten. De ronde stippen zijn fysieke nesten, de driehoekjes zijn territoria die via monitoring (Sovon-methode) zijn berekend. Kleur symbooltjes: rood=grutto, zwart=kievit, blauw=scholkster, groen=turleuur. De gekleurde percelen zijn van deelnemers aan Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer (ANLb), de witte percelen zijn van andere agrariërs waar het Collectief Eemland geen contract mee heeft en waarvan we dus ook niet weten wat er aan vogels zit. Kleur percelen: roze=legselbeheer (nesten worden gezocht en beschermd (omheen gemaaid)), lichtgroen=uitgesteld maaien met rust van 1 april tot 1 juni, donkergroen=kruidenrijk grasland met rust van 1 april tot 15 juni (dus ook uitgesteld maaien), rood=greppelplas-dras van 1 maart tot 1 juni. (Kaart verkregen van en gereproduceerd met toestemming van Collectief Eemland.)

Het is niet mogelijk om op eenvoudige wijze op basis van experimentele gegevens de risico's van de gemeten zoutconcentraties in de bodem van het gebied te bepalen. Toxiciteitsexperimenten met dit soort hogere dieren zijn ongebruikelijk en niet ethisch. Hieronder wordt daarom op basis van een deskundigenoordeel afgewogen in welke mate weidevogels gevoelig zijn voor zout, of er blootstelling plaats zou kunnen vinden aan de zouten in het gebied indien deze op weidevogelpercelen terechtkomen en of de vogels de zouten op de percelen kunnen vermijden.

Beheer

Door het hele gebied worden plas-drassituaties aangelegd. De aanvoer van water naar plas-draspercelen voor weidevogels gebeurt vaak automatisch met een zonnepomp. Bij het oppompen van zout oppervlaktewater kan zout op het perceel terechtkomen dat indampst als het weer warmer en droger wordt, zoals in de zomer van 2018. Op deze wijze is waarschijnlijk de 'witte vlek' ontstaan. Thans worden de pompen uitgezet als het EGV ($>10 \text{ mS cm}^{-1}$) te hoog wordt. Noot: dit EGV ligt al

hoger dan de grenswaarde voor drinkwater voor vee (ongeveer 4 mS cm⁻¹, zie Figuur 8) en advieswater voor irrigatie (7 mS cm⁻¹).

Directe effecten

Volwassen weidevogels kunnen goed tegen een zoute omgeving, vooral grutto, tureluur en wulp. Van de kievit is bekend dat deze minder voorkeur voor zoute milieus heeft, maar desondanks komt deze soort ook wel op schorren voor. Sommige schorren zijn ook enigszins zoet. Er zijn twee populaties scholeksters, de zogenaamde beitel-scholeksters die de kust prefereren en waarvan de snavel is aangepast aan het eten van schelpdieren en de binnenlandse scholeksters, waarvan de snavel spits is om in de grond te boren op zoek naar bodemdieren zoals wormen. Het is de onderzoekers niet bekend of er verschillen in zouttolerantie tussen deze populaties zijn. Omdat volwassen weidevogels ook in brakke en zoute milieus voorkomen en hier voedsel zoeken, kan verondersteld worden dat zij mogelijk weinig last hebben van de verzilting in de polder bij Bunschoten als gevolg van uitloging, zolang het om gangbare zouten gaat. Daarnaast zijn volwassen weidevogels zeer mobiel en kunnen ze naar elders vliegen indien ze wel problemen zouden ondervinden, bijvoorbeeld om zoetwater te drinken. Over de tolerantie van de jonge weidevogels voor zout is minder bekend. Er moet in ieder geval voldoende (zoet) drinkwater beschikbaar zijn.

De Eempolder was ooit zelf brak vóór het afsluiten van het IJsselmeer. En in bv. de Polder Westzaan en de Enge Wormer treedt van nature verzilting op als gevolg van brakke kwel. Daar zie je soms ook wittige aanslag in de zomer. In deze gebieden komen broedende en foeragerende weidevogels voor.

Verandering van structuur

De omvang van de plas-draszone op weidevogelpercelen groeit gedurende het voorjaarsseizoen en neemt door verdamping weer af in de zomer. Overstroming gebeurt vanuit een greppel in het midden van het perceel. Hierdoor ontstaan gedurende het groeiseizoen langzaam veranderende zones met verschillende bedekking door vegetatie binnen het perceel. In de zachtere, vochtige bodem is het makkelijker pikken naar bodemdieren voor voedsel.

Indien het EGV (of EC) in de bodem hoger wordt dan 7 mS cm⁻¹ kan dit – lokaal – leiden tot zoutschade aan gras. Dit zou kunnen leiden tot het ontstaan van kale plekken daar waar de zoutconcentraties in weidevogelpercelen groot zijn. Lokaal (bijvoorbeeld bij de witte vlek) zijn dergelijke EC-waarden aannemelijk (geen data beschikbaar). Waarschijnlijk is er echter altijd voldoende beschutting voor broedende weidevogels en foeragerende jongen, ook bij het inlaten van zoutwater. Het voorkomen van kleine, kale zones is daarom niet erg. Weidevogels profiteren ook vaak van verminderde vegetatie (gras), doordat ze gebruikmaken van structuurvariatie, ervan uitgaande dat gewas niet sterft, maar langzamer groeit. Er kan door zout ook 'kwarren' optreden (niet noemenswaardig groeien, maar zonder dood te gaan) en daardoor verruiging. Van een soort als de kievit is bekend dat deze daarvan profiteert. Dit creëert zoeklocaties voor bodemleven.

Voedselaanbod

Volwassen weidevogels eten wormen en larven van insecten uit de bodem. Eerder is geconstateerd dat zout een effect heeft op wormen. Dus lokaal op een perceel waar plotseling zoutwater opkomt, is het voedselaanbod voor volwassen weidevogels waarschijnlijk geringer. Maar de volwassen dieren zijn erg mobiel en kunnen zich makkelijk verplaatsen om elders te foerageren. De kuikens van weidevogels foerageren meer op kleine wormpjes en insecten in het gewas, dus niet in de bodem. Mogelijk hebben zij daardoor al minder last van zout. Maar als deze voedseldiertjes toch mochten verdwijnen, zullen ze elders beschikbaar blijven en ook de jonge vogels zijn mobiel. Gruttopullen bijvoorbeeld zijn weliswaar iets minder mobiel dan volwassen vogels omdat ze nog niet kunnen vliegen, maar ze kunnen goed lopen en waarschijnlijk ook sloten oversteken.

Mocht de plas in het midden van plas-draspercelen verzilt, dan is de verwachting dat er toch voedsel voor volwassen weidevogels te vinden blijft. Er zitten nauwelijks wormen in de plas zelf, maar des te meer in het omringende grasland. In de plassen zitten wel chironomiden (muggenlarven) die grutto's bijvoorbeeld graag eten, ook in een zwak brakke plas (ook brakwatersteurgarnalen). Echter, het effect van sterk verhoogde zoutconcentraties in de plassen op weilanden is niet goed bekend.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Algemene omgevingskwaliteit

Er is sprake van verhoogde concentraties aan zouten in het oppervlaktewater (monitoringsonderzoek 2016-heden). Dit is vooral het geval in de teensloot langs de Westdijk en, voor Na, Cl, pH en EC ook in de afgedamde sloten in het onderzoeksgebied (deelonderzoek april 2019). De gemeten concentraties in het reguliere monitoringsonderzoek vertonen daarbij een duidelijke jaarlijkse gang met (sterk) verhoogde concentraties aan Cl, Br, SO₄, NH₄ in de winterperiode (incl. najaar en vroege voorjaar) en veelal normale concentraties in de zomerperiode (mei t/m september). De gemiddeld lagere concentraties in de zomer zijn grotendeels het gevolg van inlaat van extern – schoon – water. Daarnaast loogt gedurende de zomerperiode ook minder water uit de dijk – waarbij vooral de zomer van 2018 als extreem droog geldt –, waardoor de aanvoer van zouten en andere stoffen uit de TGG naar het oppervlaktewater komt afneemt (noot: dit is een veronderstelling en werd verder niet onderzocht). In welke mate de hogere concentraties in het oppervlaktewater gedurende de winter gestuurd worden door een hogere uitloging uit de dijk zelf of door het (tijdelijk) verminderd spoelen gedurende de winterperiode, is hier verder niet onderzocht. De aangetroffen concentraties in de winter liggen daarbij sporadisch (met name in de teensloot langs de Westdijk) boven de advieswaarden voor veedrenking.

Minder mobiele stoffen (metalen) of milieuvreemde stoffen (PFAS) in sediment of landbouwbodem (als gevolg van het opbrengen van baggerspecie) zijn niet aangetroffen (PFOS/PFOA) of zijn vergelijkbaar met referentiesloten of vergelijkbare veengronden in Nederland (metalen).

De bodemkwaliteit van de percelen waar onderzoek is gedaan naar de invloed van opbrengen van baggerspecie wijkt niet of nauwelijks af van de referentiepercelen of die delen waar geen baggerspecie is opgebracht. Alleen voor Na, K, SO₄ en Co is er sprake van een kleine en significante verhoging van de concentraties t.o.v. delen van het perceel zonder baggerspecie. Het is mogelijk dat o.a. Co van nature (gebiedsspecifiek) in hogere concentraties in de waterbodem en het omliggende land voorkomt, maar de data zijn in die zin beperkt dat verdere conclusies ten aanzien van de oorzaak voor deze variatie niet getrokken kunnen worden.

5.2 Afzet van baggerspecie op aangrenzend perceel

In de rapportages van RHDHV (2018a en 2019a) zijn de concentraties in waterbodem geanalyseerd en getoetst aan de daarvoor geldende wet- en regelgeving. Uit deze toetsing blijkt dat de waterbodemkwaliteit geschikt is voor verspreiding als baggerspecie op de kant.

Voor een aantal relevante stoffen in de casus Westdijk voorziet de regelgeving niet in normen voor de toepassing van baggerspecie op de kant, waardoor toetsing niet mogelijk is. Vooral voor sulfaat en chloride kan dit een probleem zijn, omdat deze stoffen in verhoogde concentraties worden aangetroffen in het sediment. Voor deze stoffen dient daarom te worden teruggevallen op de zorgplicht. Bij invulling van de zorgplicht moeten de te nemen maatregelen in verhouding staan tot de verkregen milieuwinst. Er kan op meerdere manieren invulling worden gegeven aan de zorgplicht. De keuze en onderbouwing is aan het bevoegde gezag. Voorbeelden van maatregelen waaraan gedacht kan worden in deze casus zijn:

- Afzet van baggerspecie binnen het gebied en met name baggerspecie uit de teensloot afzetten op de oever van de Westdijk (standstillprincipe).
- Voorafgaand aan de baggerwerkzaamheden de watergangen doorspoelen (voor zover nog niet van toepassing).
- De baggerspecie zo veel mogelijk (gelijkmatig) over het gehele perceel verspreiden.
- Monitoring van eventueel optreden effecten om zo nodig tijdig maatregelen te kunnen treffen.

5.3 Risico's voor bodemdieren en bodemprocessen

Op enkele plaatsen overschrijden de gemeten concentraties van koper en nikkel in de bodem de maximale ecologische waarden op middenniveau (HC20). Op deze locaties kunnen ecologische risico's niet geheel worden uitgesloten, maar de risico's zijn waarschijnlijk laag vanwege de geringe mate van overschrijding. Omdat de gemeten concentraties op locaties met toepassing van baggerspecie binnen de range vallen van normale achtergrondconcentraties, doet dit vermoeden dat hier sprake is van natuurlijke concentraties.

Chloride – en waarschijnlijk ook sulfaat – overschrijdt op diverse locaties, waaronder de 'witte vlek', de grenswaarde voor het Ernstig Risiconiveau. Aanvullende analyses wezen uit dat op deze plekken effecten te verwachten zijn op de bodemfauna, met name op regenwormen.

5.4 Risico's voor Weidevogels

Het is onwaarschijnlijk dat volwassen weidevogels sterke effecten ondervinden van verzilting van de percelen waar zij voorkomen. Een deel van de aanwezige weidevogels komt van nature ook voor in mariene gebieden en zijn daarmee minder gevoelig voor een zoute leefomgeving. Daarnaast worden directe effecten onwaarschijnlijk geacht, omdat de vogels goed in staat zijn om lokaal minder geschikte situaties te vermijden door zich te verplaatsen. Van jonge weidevogels is niet bekend of zij even zouttolerant zijn als de volwassenen. De verwachting is echter dat ook de jongen mobiel genoeg zijn om zich bij lokale aantasting van het gewas (beschutting) en voedsel door zout elders te begeven. Bij de huidige situatie in het gebied – waarbij nog geen sprake is van grootschalige verzilting en met het oog op de vervanging van de dijk in de nabije toekomst – is de verwachting dat er geen sprake is van een noemenswaardig risico van eventuele zouten voor weidevogels in het gebied. Indien de dijk voor langere duur in stand wordt gehouden, is een herevaluatie van de in dit onderzoek gehanteerde uitgangspunten noodzakelijk.

5.5 Risico's voor Landbouw: veedrenking

De kwaliteit van het oppervlaktewater is gedurende de zomerperiode in het hele gebied voldoende van kwaliteit om gebruikt te worden als drinkwater voor vee. Gedurende het vroege voorjaar, najaar en winter (oktober-april) overschrijden de concentraties in de teensloot direct grenzend aan de Westdijk de advieswaarden voor veedrenking (alleen voor zouten, Cl, SO₄, Br); de concentraties in de verder weg gelegen sloten (zowel de afgedamde als niet afgedamde sloten) blijven grotendeels (in elk geval de gemiddelde winterconcentratie) beneden de advieswaarden en leveren derhalve geen risico op wanneer ze voor veedrenking gebruikt worden. Enig voorbehoud m.b.t. de afgedamde sloten is op zijn plaats, omdat deze alleen in april 2019 zijn bemonsterd en de beschikbare data dus beperkt zijn. De enige gebruiksbeperking die geadviseerd wordt, betreft de teensloot grenzend aan de Westdijk; aan de hand van de beschikbare data zou dat bovendien alleen gelden in de periode oktober-april. Uit voorzorg lijkt het veiliger het water uit de teensloot echter in zijn geheel gedurende het hele jaar niet te gebruiken als water voor veedrenking en/of irrigatie.

5.6 Risico's voor landbouw: gewaskwaliteit/-productie

De gemiddelde zoutconcentratie in het water en de totale zoutsterkte (Cl, EC) is zodanig dat niet te verwachten valt dat er sprake zal zijn van sterke reductie van de gewasopbrengst (gras). De advieswaarde (EC 7) wordt slechts in een aantal locaties direct grenzend aan de Westdijk in de winterperiode overschreden. Het is aannemelijk dat deze ook overschreden worden in de bodem waar de witte vlekken zijn ontstaan, ofschoon daar geen bepaling van de EC voorligt. Het effect van de verhoogde EC in de winterperiode op de grasproductie zal echter beperkt zijn, omdat er in deze periode nauwelijks sprake is van gewasgroei.

Over de kwaliteit van het gras kan geen uitspraak gedaan worden, want er zijn geen gegevens bekend over de samenstelling. De beschikbare bodemdata (concentraties aan metalen en andere contaminanten) tonen aan dat er op voorhand geen reden is om aan te nemen dat het gras niet geschikt zou zijn als veevoer. De zoutconcentratie in het gras en de mogelijke invloed daarvan op de geschiktheid als voer is niet bepaald.

5.7 Risico's voor landbouw: bodemkwaliteit

De bodemkwaliteit in de percelen waar onderzoek is gedaan naar de effecten van het opbrengen van baggerspecie is niet beïnvloed, met uitzondering van een verhoging van de zoutconcentratie in de bodem alsmede organische stof (uit baggerspecie). Er is echter geen aantoonbaar effect van het opbrengen van baggerspecie op minder mobiele stoffen (metalen). Voor diergezondheid heeft de kwaliteit van de opgebrachte baggerspecie geen consequenties als het gaat om metalen. Of bij de huidige zoutconcentraties in de bodem al sprake is van remming van het gewas of sprake is van verhoogde zoutconcentraties in het gewas is niet onderzocht. Veelal worden effecten van zouten gerelateerd aan de concentratie in het bodemvocht of irrigatiewater (grenswaarde 7 mS cm⁻¹). Deze waarde wordt in het water in de teensloot incidenteel overschreden en dan vooral in de winterperiode, waardoor het niet te verwachten is dat dit gebiedsgewijs nu al leidt tot grote reductie van de gewasgroei. Uiteraard geldt dit niet voor de witte vlekken waar de zoutconcentraties zodanig hoog zijn dat grasgroei geremd wordt of zelfs afsterft.

5.8 Conclusies per deelgebied

De data van bodem- en waterkwaliteit (grond- en oppervlaktewater) in de drie deelgebieden (i teensloot, ii afgedamde sloten en iii achterliggend poldergebied) leiden tot de volgende conclusies:

- Gebruik van water uit de *teensloot* in de winterperiode wordt afgeraden vanwege hoge concentratie aan zout en deels (o.a. Mo, V, Sr) metalen. Uit voorzorg wordt afgeraden om dit water te gebruiken, ook in de zomer.
- De bodemkwaliteit van de *teensloot* is matig tot slecht (witte vlekken in de oever), wat duidt op in elk geval een zeer hoge concentratie aan zout en mogelijk (niet onderzocht) accumulatie van o.a. molybdeen en vanadium.
- Het voorkomen van witte vlekken (zout) op het perceel ten westen van de Noorderwetering (het gebied met de *afgedamde sloten*, (deelgebied 2) is gerelateerd aan de inlaat van zout oppervlaktewater uit de teensloot.
- De waterkwaliteit in de *afgedamde sloten* lijkt beïnvloed te worden door zoutwater (uit de teensloot) of zout grondwater en vertoont verhoogde concentraties aan Na, Cl waarbij ook de pH en EC hoger zijn dan in het water in de niet afgedamde sloten. Desalniettemin overschrijden de concentraties aan genoemde zouten, evenals NH₄ en SO₄, de advieswaarden voor vee niet (eenmalige meting, niet representatief voor uitspraken in de rest van het jaar).
- Mogelijk draagt de verhoogde zoutsterkte van het grondwater onder deelgebied 2 bij aan het ontstaan van de recente nieuwe zoutvlekken; dit zou mogelijk ook de verhoogde concentraties in het oppervlaktewater in de afgedamde sloten kunnen verklaren.
- Afgezien van een – lokaal hoge – zoutsterkte en kleine verhoging van de concentraties aan K en Na door opbrengen van baggerspecie zijn er geen aanwijzingen dat de bodemkwaliteit in dit deelgebied beïnvloed wordt door hetzij inlaat van water dan wel door opbrengen van baggerspecie.
- Gebruik van bodem als weidegebied in het *achterliggende polderlandschap* (deelgebied 3) en de *afgedamde sloten* (deelgebied 2) voor beweiding leidt niet tot risico's voor vee, noch op basis van bodemkwaliteit (en daarop veronderstelde gewaskwaliteit) noch op basis van waterkwaliteit voor veedrenking.

5.9 Aanbevelingen

Aanbevelingen korte termijn (2019/2020):

- Gebruiksbeperking instellen voor de teensloot grenzend aan de dijk wat betreft het gebruik als irrigatiewater, inlaatwater voor weidevogel percelen en veedrenking (noot: gebruik als drinkwater is hier expliciet uitgesloten), in elk geval gedurende de winterperiode, maar uit voorzorg het hele jaar.
- Het voortzetten van de monitoring van EC in de afgedamde sloten gedurende de zomerperiode om na te gaan of de verhoogde concentraties aan m.n. Na en Cl tijdelijk zijn of in stand blijven gedurende de zomer (wat mogelijk gebruiksbeperkingen voor gebruik als drinkwater oplevert).
- Bij de afzet van baggerspecie uit de watergangen (m.u.v. de teensloot), de zorgplicht handhaven door bijvoorbeeld:
 - Afzet van baggerspecie uit de teensloot op de oever van de Westdijk.
 - De baggerwerkzaamheden tot een noodzaak te beperken.
 - Voorafgaand aan de baggerspecie de watergangen doorspoelen (voor zover nog niet van toepassing).
 - De baggerspecie zo veel mogelijk (gelijkmatig) over het gehele perceel verspreiden.
 - Monitoring van eventueel optreden effecten om zo nodig tijdig maatregelen te kunnen treffen.

Aanbevelingen lange termijn en bij handhaving dijk (> 2020):

- Meten van EC in bodemvocht om na te gaan of er sprake is van mogelijke gewasgroei-beperking; ook te vergelijken met indicatieve effectwaarden bodemleven.
- Bepalen samenstelling gras (metalen, nutriënten, droge stof) aan het einde van de winter en gedurende de zomer om na te gaan of er mogelijk sprake is van afwijkende concentraties aan zouten en/of metalen (o.a. Mo, Co) in gras vanwege de lokaal verhoogde concentraties in oppervlaktewater en grondwater.
- Bepalen van grondwaterkwaliteit in de percelen. Nu is onduidelijk of de zouten plus eventueel metalen afkomstig zijn via inlaat/irrigatie dan wel via kwel.

Literatuur

- Azam, F. & C. Müller, 2003. Effect of sodium chloride on denitrification in glucose amended soil treated with ammonium and nitrate nitrogen. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 166: 594-600.
- Brand, E., A.J. Baars, E.M.J. Verbruggen & J.P.A. Lijzen, 2008. Afleiding van milieurisicogrenzen voor sulfaat in oppervlaktewater, grondwater, bodem en waterbodem. Briefrapport nr. 711701069/2008, RIVM, Bilthoven, 35p.
- De Louw, P., R. Bakkum, H. Folkerts, en H. van Hardeveld, 2004. Het effect van waterbeheer op de chloride- en nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in Polder de Noordplas. TNO rapport NITG-03-098-B1213. TNO Afdeling Grondwater. Utrecht.
- Edwards, C.A. & J.E. Bajer, 1992. The use of earthworms in environmental management. *Soil Biology and Biochemistry* 24: 1683-1689.
- Guzyte, G., G. Sujetoviene & J. Zaltauskaite, 2011. Effects of salinity on earthworm (*Eisenia fetida*). Selected papers, Environmental Engineering, the 8th International Conference, May 19-20, Vilnius, Lithuania, p. 111-114.
- Hendriks, R.F.A., J.W.R. Twisk, L. van Gerven en J. Harmsen, 2013. Sulfaat in veenweiden: gebiedsvreemd of gebiedseigen? H₂O, mei, p. 1-8.
- Huinink, J.Th.M., 2011. Bodemgeschiktheidsbeoordeling voor Landbouw, Bosbouw en Recreatie T.b.v een optimalisatie van grondwater- en oppervlaktewaterpeilbeheer. State of the art 2011. Vijfde gewijzigde druk, juni 2011. BodemConsult-Arnhem.
- Lamé, F.P.J., D.J. Brus, en R.H. Nieuwenhuis, 2004. Achtergrondwaarden 2000 Hoofdrapport AW2000 fase 1. TNO-rapport NITG 04-242-A.
- Lijzen J.P.A., A.J. Baars, P.F. Otte, M.G.J. Rikken, F.A. Swartjes, E.M.J. Verbruggen and A.P. van Wezel, 2001. Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groundwater.
- Human and ecotoxicological risk assessment and derivation of risk limits for soil, aquatic sediment and groundwater. Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu, Bilthoven, Nederland. Rapportnr. 711701023.
- Malkomes, H.-P., & B. Lemnitzer, 2007. Untersuchungen zur Eignung von Neutralsaltzen als Referenzmittel bei der mikrobiologisch-ökotoxikologischen Bewertung von Pflanzenschutzmittel im Boden. UWSF – Z Umweltchem. Okotox. 19: 96-102.
- Mol, G., P. van Gaans, J. Spijker & P. Römkens, 2012. Bodemgeochemische Atlas van Nederland. Wageningen Academic Publishers. ISBN: 978-90-8686-186-6.
- Nielsen, A.L., K.O. Spence, J. Natakani & E.E. Lewis, 2011. Effect of soil salinity on entomopathogenic nematode survival and behaviour. *Nematology* 13: 859-867.
- NOBO, 2007. NOBO: normstelling en bodemkwaliteitsbeoordeling. Onderbouwing en beleidmatige keuzes voor de bodembeoordeling in 2005, 2006 en 2007. Rapport projectgroep NOBO, Ministerie van VROM, Den Haag, 142p.
- Olkowski, A.A., 2009. Livestock Water Quality : A Field Guide for Cattle, Horses, Poultry and Swine ISBN 978-1-100-12443-8. Cat. no.: A22-483/2009^E.

-
- Owojori, O.J. & A.J. Reinecke, 2009. Avoidance behaviour of two eco-physiologically different earthworms (*Eisenia fetida* and *Aporrectodea caliginosa*) in natural and artificial saline soils. *Chemosphere* 57: 279-283.
- Owojori, O.J., A.J. Reinecke, P. Voua-Otomo & S.A. Reinecke, 2009. Comparative study on the effects of salinity on life-cycle parameters of four soil-dwelling species (*Folsomia candida*, *Eisenia fetida* and *Aporrectodea caliginosa*). *Pedobiologia* 52: 351-360.
- Owojori, O.J. & A.J. Reinecke, 2014. Differences in ionic properties of salts affect saline toxicity to the earthworm (*Eisenia fetida*). *Applied Soil Ecology* 83: 247-252.
- Osté, L., 2012. Uitgangspunten waterbodernormen in Nederland. Deltares, Utrecht, Nederland. Kenmerk: 1206111-006.
- Projectgroep Waternood 1998. Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater. Dienst Landelijk gebied, Utrecht en Unie van Waterschappen, Den Haag.
- Rath, K.M. & J. Rousk, 2015. Salt effects on the soil microbial decomposer community and their role in carbon cycling: a review. *Soil Biology and Biochemistry* 81: 108-123.
- Rietra, R.P.J.J. en P.F.A.M. Römkens, 2007. Actief Bodembeheer Toemaakdekken. Risico's van bodemverontreiniging voor de kwaliteit van veevoer en de gehalten aan lood en cadmium in orgaanvlees in het Veenweidegebied. Alterra rapport 1433, Alterra Wageningen-UR, Nederland.
- Römkens, P.F.A.M., J.E. Groenenberg, R.P.J.J. Rietra, J.E. Groenenberg, en W. de Vries, 2007. Onderbouwing LAC2006-waarden en overzicht van bodem-plant relaties ten behoeve van de Risicotoolbox; een overzicht van gebruikte data en toegepaste methoden. Wageningen, Alterra. Rapport 1442. 103 blz.; 4 fig.; 6 tab.; 39 ref.
- Römkens, P.F.A.M. en J. Linders, 2019. Bodem-, gewas- en ecologische kwaliteit IJperveld; Monitoringsresultaten 2015-2017. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2938. 80 blz.; 32 fig.; 29 tab.; 21 ref.
- RHDHV, 2018a. Westdijk Bunschoten-Spakenburg: TGG-toepassing Waterbodemonderzoek sloten (versie nov 2018). RHDHV, Amersfoort, Nederland. Kenmerk: BD9964TPRP1812101328.
- RHDHV, 2018b. Westdijk Bunschoten/Spakenburg: Toepassing TGG Aanvullend onderzoek: verificatie aanwezigheid GenX en PFAS (PFC) (versie mei 2018).
- RHDHV, 2018c. Westdijk Bunschoten/Spakenburg: Toepassing TGG Vervolg op het aanvullend onderzoek: verificatie aanwezigheid GenX en PFAS (PFC) (versie 3 juli 2018). RHDHV, Amersfoort, Nederland. Kenmerk: T&PBD9964R001F1.0.
- RHDHV, 2018d. Memo: Onderzoeksresultaten witte vlek perceel dhr. Huijgen (versie (versie jul 2018))., RHDHV, Amersfoort, Nederland. Kenmerk: BD9964T&PNT1807021301 (intern gebruik).
- RHDHV, 2019a. Westdijk Bunschoten-Spakenburg: TGG-toepassing Waterbodemonderzoek poldersloten (versie feb 2019). RHDHV, Amersfoort, Nederland. Kenmerk: BD9964TPRP1902141611.
- RHDHV, 2019b. Westdijk Bunschoten-Spakenburg: TGG-toepassing Effect baggerspecie op kwaliteit bodem weiland (versie feb 2019). RHDHV, Amersfoort, Nederland. Kenmerk: BD9964TPRP1902141641.
- RHDHV, 2019c. Westdijk Bunschoten/Spakenburg: Toepassing thermisch gereinigde grond (TGG). Aanvullend onderzoek: Grondwatermonitoring februari 2019. Finale versie, 19 maart 2019. RHDHV, Amersfoort, Nederland Kenmerk: BD9964TPRP1903190938.

-
- Setia, R., P. Marschner, J. Baldock, J. Chittleborouh, P. Smith & J. Smith, 2011. Salinity effects on carbon mineralization in soils of varying texture. *Soil Biology and Biochemistry* 43: 1908-1916.
- Straetmans, E.H.F.M., P.F.A.M. Römkens, en C.J.H. Bes, 2005. Veel koper, weinig wol? *Bodem* 2005(3): 112-122.
- Stuyt, L.C.P.M., M. Blom-Zandstra en R.A.L. Kselik, 2016. Inventarisatie en analyse zouttolerantie van landbouwgewassen op basis van bestaande gegevens. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2739. 158 blz.; 20 fig.; 7 tab.; 125 ref.
- Van Dijk, G., Y. Verstijnen, M. Poelen, en F. Smolders, 2017. Effecten van het gebruik van thermisch gereinigde grond als dijkversteving. Een effectenstudie aan omgevingseffecten en veenaafbraak. Rapport RP-16.128.17.32 B-WARE bv Nijmegen.
- Van Dam, A.M., O.A. Clevering, W. Voogt, Th.G.L. Aendekerk, en M.P. van der Maas, 2007. Zouttolerantie van landbouwgewassen. Deelrapport Leven met zoutwater. Rapport Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. PPO nr. 32 340194 00.
- Verbruggen, E.M.J., R. Posthumus & A.J. van Wezel, 2001. Ecotoxicological serious risk concentrations for soil, sediment and (ground)water: updated proposals for first series of compounds. Rapport nr. 711701 020, RIVM, Bilthoven, 263p.
- Verbruggen, E.M.J., C.T.A. Moermond, J.A. Janus & J.P.A. Lijzen, 2008. Afleiding van milieurisicogrenzen voor chloride in oppervlaktewater, grondwater, bodem en waterbodem. Rapport nr. 711701075/2008, RIVM, Bilthoven, 76p.
- Verweij, W., L. Boumans, J.W. Claessens, en J.P.A. Lijzen, 2017. Achtergrondconcentraties en kwaliteitscriteria grondwater; gegevens voor antimoon, arseen, barium, cadmium, chroom, kobalt, koper, kwik, lood, molybdeen, nikkel en zink. RIVM Briefrapport 2017-0125.
- Wong, V.N.L., R.C. Dalal & R.S.C. Greene, 2008. Salinity and sodicity effects on respiration and microbial biomass of soil. *Biology and Fertility of Soils* 44: 943-953.
- Zeng, W.-Z., C. Chu, J.-W. Wu, J.-S. Huang & T. Ma, 2013. Effect of salinity on soil respiration and nitrogen dynamics. *Ecol. Chem. Eng. S* 20: 519-530.

Geraadpleegde websites:

FAO Richtlijnen irrigatie en veedrenking: <http://www.fao.org/3/T0234E/T0234E00.htm#TOC>

Richtlijnen Gezondheidsdienst voor Dieren:

<https://www.gddiergezondheid.nl/diergezondheid/management/drinkwater/referentiewaarden%20veedrinkwaterkwaliteit>

Bijlage 1 Richtlijn Veedrenking Canada

Water Contaminant *	Richtlijn(mg L ⁻¹)	Date Introduced or Revised
Arsenic	0.025	1997
Cadmium	0.08	1996
Calcium	1000	1987
Cyanobacteria	Avoid heavy growths	1987
Chloride	None	
Chromium	0.05	1997
Cobalt	1.0	1987
Coliforms, fecal**	None	
Coliforms, total**	None	
Colour***	Narrative	1999
Copper	0.5 to 5.0	1987
Cyanide	None	
Fluoride	1 to 2	1987
Hardness	None	
Hydrogen Sulphide	None	
Iron	None	
Lead	0.1	1987
Magnesium	None	
Manganese	None	
Mercury	0.003	1987
Molybdenum	0.5	1987
Nickel	1.0	1987
Nitrate + Nitrite	100	1987
Nitrate nitrogen	23	1987
Nitrite	10	1987
Nitrite nitrogen	3.0	1987
Potassium	None	
Selenium	0.05	1987
Silver	None	
Sodium	None	
Sulphate	1000	1987
TDS	3000	1987
Uranium	0.2	1987
Vanadium	0.1	1987
Zinc	50	1987

Bron: Olkowski, A.O. (2009).

Bijlage 2 Nederlandse richtlijnen voor waterkwaliteit voor veedrenking (GD, 2019)

parameter	rund		kalf		paard		varken		pluimvee	
	goed	slecht	goed	slecht	goed	slecht	goed	slecht	goed	slecht
pH	5 tot 8	<4 & >9	5 tot 8	<4 & >9	5 tot 8	<4 & >9	5 tot 8	<4 & >9	5 tot 8	<4 & >9
ammonium	< 2	> 10	< 0,5	> 2	< 1	> 2	< 1	> 2	< 1	> 2
nitriet	< 0,1	> 1,0	< 0,1	> 1,0	< 0,1	> 1,0	< 0,1	> 1,0	< 0,1	> 1,0
nitraat	< 100	> 200	< 100	> 200	< 100	> 200	< 100	> 200	< 100	> 200
chloride	< 250	> 2000	< 250	> 2000	< 250	> 2000	< 250	> 2000	< 200	> 300
natrium	< 800	> 1500	< 400	> 800	< 400	> 800	< 400	> 800	< 100	> 200(y) > 400 (o)
ijzer	< 0,5	> 10	< 0,2	> 0,5	< 0,5	> 10	< 0,5	> 10	< 0,5	> 2,5
mangaan	< 1	> 2	< 0,5	> 1,0	< 1	> 2	< 1	> 2	< 0,5	> 1,0
sulfaat	< 100	> 250	< 100	> 250	< 100	> 250	< 100	> 250	< 100	> 250
hardheid (° D)	> 4 & < 15	> 25	> 4 & < 15	> 25	> 4 & < 15	> 25	> 4 & < 15	> 25	> 4 & < 15	> 20
gisten en schimmels	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000	> 10.000
E. coli (kve/mL)	< 10	> 100	< 1	> 10	< 10	> 100	< 10	> 100	< 10	> 100
totaal kiemgetal (kve/mL)	< 10.000	> 100.000	< 1.000	> 10.000	< 10.000	> 100.000	< 10.000	> 100.000	< 10.000	> 100.000

Bijlage 3 Overzicht van advieswaarden voor waterkwaliteit (bron: Huinink, 2011)

Omschrijving	eenheid	LANDBOUW						DRINKWATER				NEERSLAG	
		sub-straat	overige glas-tuinb.	groente	fruit	akker-bouw	gras-land	mens	herkau-wers	varkens	pluim-vee	nabij kust	overig Nederl.
Troebeling KMnO-verbruik	mgSiO _x /l	750) ¹	750) ¹	750) ¹	750) ¹	750) ¹	750) ¹	25					
hardheid (tot.) EC ₂₅	mg/l	8	16	16				5	100) ²	100) ²	100) ²		2
Zuurgraad	o _o		12	12	12			10	25	25	20	4,2	0,2
	mS/cm	1,0	1,5	1,5	1,7	2,7	2,7		8	7	4		
	pH			6,5 tot 8				6,5 - 9	4 - 9) ³	4 - 9) ³	4 - 9) ³		4,3
Cl ⁻	mg/l	50) ⁷	200	300	300	600	600	200	2000	2000	2000	14,9	3,5
HCO ₃ ⁻	mg/l	250	250	180	250			500					4
NO ₂ ⁻	mg/l								1	1	1		0,03
NO	mg/l							50	200	200	50	4,2	3,8
PO ₄ ⁻³	mg/l							6				0,06	0,06
S ²⁻	mg/l	1,0) ¹	1,0) ¹	1,0) ¹	1,0) ¹	1,0) ¹	1,0) ¹	0	0	0	0		
SO ₄ ²⁻	mg/l							250	250	250	50	8,3	6,5
Al	mg/l	5 bij pH < 5,5							5	5	5		
As	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05						
Ba	mg/l							0,05	0,1	0,1	0,1		
B	mg/l	0,3	0,6	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0					
Be	mg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2,0	5	5	5		
Br	mg/l	1,0	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0		0,1	0,1	0,1		
Ca	mg/l	100	250					200	1000	1000	1000	1,2	0,9
Co	mg/l	0,05; met name bij pH < 5,5							1	1	1		
Cd	mg/l	0,01) ⁴	0,01) ⁴	0,01) ⁴	0,01) ⁴	0,01) ⁴	0,01) ⁴		0,01) ⁴	0,01) ⁴	0,01) ⁴		
Cu	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,005	0,05	0,05	0,05		0,0007
								0,01					0,006
Cr	mg/l	Totaal Cr: 1; zeswaardig Cr: 0,1						Totaal Cr: 1; zeswaardig Cr: 0,05					0,0012
F	mg/l	0,5	0,5 1,0; met name bij pH < 5,5						1,5	2	2	2	
Fe	mg/l	00,5	2,5) ⁵	2,5) ⁵	1	7	15	1,0					
Hg	mg/l								10) ⁵	10) ⁵	10) ⁵		0,04
K	mg/l							12	0,001	0,001	0,001		
Li	mg/l	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5					0,4	0,24
Mg	mg/l	20						150	250	250	250	1,1	0,29
Mn ²⁺	mg/l	1	1	1									
Mn tot.	mg/l	0,5	1,5 2; met name bij pH < 5,5						0,05	2	2	2	
Mo	mg/l		0,01	0,01					0,1	0,1	0,1		
Na	mg/l	0,01	125	115	0,01	0,01	0,01	200	4000	2000	500	8,3	1,9
NH ⁺ 4	mg/l	25	2	2				0,05	10	2	0,5	1,6	1,9
Ni	mg/l	0,2; met name bij pH < 5,5							0,1	0,1	0,1		0,006
Pb	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1) ⁶	0,1) ⁶	0,1) ⁶		0,008
Se	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02		
Sn	mg/l												
Ti	mg/l	lijks opgenomen door plant; tolerantie niet bekend											
V	mg/l								0,1	0,1	0,1		
W	mg/l												
Zn	mg/l	0,5	1,5,0; met name in humusarm materiaal en bij pH < 5,5						0,25	0,25	0,25		0,27
organochloorpesticiden	mg/l							0,0001					
cholinesterase remmers													
phenolen	mg/l							0,001	0,0001				
minerale oliën en vetten	mg/l							0,002		0,0001	0,0001		
methyleenblauw-actieve stoffen	mg/l							0,3					
	mg/l							1					
fecale colibacteriën	aantal/l		25000 (totaal)) ¹						10	100	100	100	

Bijlage 4 Verloop van concentraties aan stoffen in oppervlaktewater

Bron: data monitoring Waterschap Vallei en Veluwe.

Ammonium

Bron: data monitoring Waterschap Vallei en Veluwe.

Chloride

Bron: data monitoring Waterschap Vallei en Veluwe.

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 2955
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Rapport 2955
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.