Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Verkenning van voor- en nadelen van **Aqua Nitrosa-extractie** in het bodembeleid

RIVM-briefrapport 2023-0348
T. Schouten | P.F. Otte | F.A. Swartjes

Verkenning van voor- en nadelen van Aqua Nitrosa-extractie in het bodembeleid

RIVM-briefrapport 2023-0348

Colofon

© RIVM 2023
Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Het RIVM hecht veel waarde aan toegankelijkheid van zijn producten. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om dit document volledig toegankelijk aan te bieden. Als een onderdeel niet toegankelijk is, wordt dit vermeld. Zie ook www.rivm.nl/toegankelijkheid.

DOI 10.21945/RIVM-2023-0348

T. Schouten (auteur), RIVM
P.F. Otte (auteur), RIVM
F.A. Swartjes (auteur), RIVM

Contact:
F.A. Swartjes
Centrum Duurzaamheid Milieu en Gezondheid (DMG)
frank.swartjes@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie voor Infrastructuur en Waterstaat (I&W/DGWB), in het kader van het programma Bodemkwaliteit voor de Directie Bodem, Ruimte en Klimaatadaptatie, Afdeling Bodem.

Dit is een uitgave van:
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Verkenning van voor- en nadelen van Aqua Nitrosa-extractie in het bodembeleid

Bij grote bouwprojecten of onderhoud van waterwegen kan grond en bagger vrijkomen. Dit materiaal kan opnieuw worden gebruikt om bodems aan te vullen. Dit mag pas nadat is getoetst of de grond of bagger aan chemische normen voldoet. Op deze manier worden schadelijke effecten voor het milieu, bijvoorbeeld door een teveel aan zware metalen, voorkomen. Hiervoor wordt een methode gebruikt die meet hoeveel metaal er in totaal in de grond of bagger zit.

Grond en bagger kan ook worden hergebruikt om plassen ondieper te maken. In 2015 is een andere werkwijze voorgesteld om schadelijke effecten hiervan te beoordelen voor planten en dieren die in het water leven: het Milieu-hygiënisch Toetsingskader (MHT). De MHT gaat uit van de hoeveelheid metalen die uit het materiaal vrijkomt door een verdunde salpeterzuur-oplossing (‘Aqua Nitrosa’) aan grond toe te voegen. Deze werkwijze komt beter in de buurt van de hoeveelheid metaal die in het water kan oplossen.

Het RIVM heeft verkend of Aqua Nitrosa-methode ook geschikt is voor de beoordeling van hergebruik van grond en bagger op land. Het RIVM vindt dat er nog te veel onzekerheden zijn om dat te doen. De situatie in de landbodem is complexer en er spelen meer soorten risico’s. Zo is het nog niet duidelijk of deze methode kan beoordelen wat de effecten zijn voor de mens als metalen door het hergebruik in de landbodems terechtkomen. Bijvoorbeeld als de grond wordt gebruikt om voedsel te verbouwen. Deze effecten kunnen nu nog niet goed worden beoordeeld met de Aqua-Nitrosa methode doordat het benodigde onderzoek ontbreekt.

Ook zouden andere normen nodig zijn als de methode voor landbodems wordt ingevoerd. Aan het gebruik van landbodems worden andere eisen gesteld dan aan de waterkwaliteit. Zo’n verandering van normen is ingrijpend en kost veel geld en tijd. Verder zou het betekenen dat Nederland gaat afwijken van nationale en internationale methodieken, modellen en toetsen. Deze gelden sinds de jaren negentig en gaan uit van totaalgehalten van metalen. Het RIVM vindt dat meer onderzoek nodig is om onzekerheden op te helderen en een goede beslissing te kunnen nemen.

Kernwoorden: normstelling bodem, Aqua Nitrosa, 0,43M salpeterzuur-extractie, verontreiniging, zware metalen, Milieu-Hygiënisch Toetsingskader, Besluit Bodemkwaliteit, Omgevingswet

Synopsis

Exploration of the advantages and disadvantages of Aqua Nitrosa extraction in soil policy

Large construction projects and waterways maintenance can involve the extraction of soil and dredged material. This material can be reused to replenish the soil, but only after testing whether it meets chemical standards. This prevents harmful effects on the environment, for example due to an excess of heavy metals. Tests are performed using a method that measures the total amount of metal in the soil or dredged material.

Soil and dredged material can also be reused to make ponds and lakes more shallow. In 2015, a different method was proposed to assess the harmful effects of this: the Environmental Testing Framework (*Milieuhygiënisch Toetsingskader*, MHT). The MHT measures the amount of metal *released* from the material by adding a diluted nitric acid solution (Aqua Nitrosa) to the soil. This method comes closer to detecting the actual amount of metal that can dissolve in water.

RIVM has explored whether the Aqua Nitrosa method is also suitable for assessing the reuse of soil and dredged material on land. According to RIVM, there are still too many uncertainties to do so. For example, it is not yet clear whether this method is capable of assessing the effects on human health if metal ends up in soil on land due to reuse, such as when the soil is used to grow food. At the moment, these effects cannot be properly assessed with the Aqua Nitrosa method.

If the method were to be introduced for soil on land, other standards would also be needed. There are different standards for the use of soil on land than for water quality. Such a change in standards would be drastic and would require a great deal of money and time. It would also mean that the Netherlands would deviate from national and international methodologies, models and tests. These have been in use since the 1990s and are based on total metal levels. RIVM believes more research is needed to clarify uncertainties and to be able to make a good decision.

Keywords: soil standards, Aqua Nitrosa, 0.43M nitric acid extraction, pollution, heavy metals, Environmental Testing Framework, MHT, Soil Quality Decree, Environment and Planning Act

Inhoudsopgave

Samenvatting en conclusies — 9

1 Inleiding — 13
1.1 Aanleiding en doel van het rapport — 13
1.2 Type toepassingen — 13
1.3 Leeswijzer — 13

2 Het Milieuhygiënisch Toetsingskader — 15
2.1 Achtergronden en geschiedenis — 15
2.2 Ontwikkeling van het MHT — 16

3 Onderzoek verondieping van zand/grindwinning-plassen — 21
3.1 Consequentie-analyse Milieuhygiënisch toetsingskader — 21
3.2 Onderzoek naar ecologische effecten van verondieping — 22

4 Voornemen tot implementatie (2016) — 25
4.1 Achtergronden — 25
4.2 Stappenplan — 25
4.3 Organische stoffen — 28

5 Voor- en nadelen van Aqua Nitrosa-extractie voor bodemkwaliteit-beoordeling — 31

6 Aqua Nitrosa voor de beoordeling van landbodems — 33
6.1 Algemeen — 33
6.2 Ecologie — 33
6.3 De mens — 34
6.4 Normen — 34
6.5 Omschakelen naar Aqua Nitrosa-beoordeling in landbodems — 34
6.6 Chemische beschikbaarheid in toxiciteitsexperimenten — 37
6.7 Tijd voor een nieuwe bodemtypecorrectie — 39
6.8 Overeenkomsten en verschillen met bodembeoordeling in andere Europese landen — 39

7 Consequenties van implementatie Aqua Nitrosa-methodiek voor wet- en regelgeving, beoordelingskaders en normering — 43
7.1 Achtergronden — 43
7.2 Interventiewaarde bodemkwaliteit (Bijlage IIA van het ABB) — 43
7.3 Het humane Maximaal Toelaatbare Risiconiveau (MTR_{humaan}, Bijlage Vb) — 45
7.4 De signaleringsparameter beoordeling grondwatersanering (Bijlage Vd) — 45
7.5 De stoffenlijst toelaatbare kwaliteit bodem (Bijlage XIIIa) — 45
7.6 De toxicologisch maximaal Toelaatbare Concentratie in Lucht, de TCL en de geurdrempel (Bijlage XIIIb) — 45
7.7 Maximale samenstellings- en emissiewaarden bouwstoffen — 45
7.8 Achtergrondwaarden — 46
7.9 Maximale waarden bodemkwaliteit — 47
7.10 Bepalingen m.b.t. grondonderzoek — 48
7.11 Vergunningverlening, Toezicht en Handhaving (VTH) — 48
7.12 Resume — 49

8 Conclusies — 51

Dankwoord — 55

Referenties — 57

Samenvatting en conclusies

Dit rapport is geschreven ter ondersteuning van de vraag of: "*het Ministerie van I&W voor de **landbodem** op de middellange termijn (5 jaar) kan overgaan op normstelling voor metalen, die is gebaseerd op de beschikbare fractie gemeten via Aqua Nitrosa-extractie. Dit in plaats van een totaalgehalte gemeten via Aqua Regia*".

Daarvoor is een verkenning uitgevoerd van de ontwikkelingen die zich in de afgelopen 12 jaar in dit kader hebben voorgedaan. Het betreft onderzoek naar een andere methode om bodemverontreinigingen te beoordelen, namelijk op basis van een extractie met een verdunde salpeterzuuroplossing (=HNO_3), ook wel 'Aqua Nitrosa' genoemd.

Er is onderscheid gemaakt in de (wetenschappelijke) **inhoudelijke** aspecten van methodiekverandering, en de gevolgen hiervan voor **implementatie** in de beleidskaders (c.q. besluiten, regelingen en richtlijnen).
Uit de verkenning blijkt dat het onderzoek zich vooral heeft gericht op de vraag, of de Aqua Nitrosa-fractie voor metalen een betere beoordeling geeft van de toepasbaarheid (c.q. opslag of stort) van grond en slib in diepe zand-/grind-winplassen. Het heeft geresulteerd in een voorstel voor het zogenaamde Milieuhygiënisch Toetsingskader (MHT). Deze verkenning heeft niet tot doel om het MHT te beoordelen. De kennis die in dit verband is opgedaan wordt vooral gebruikt om de toepasbaarheid voor landbodem beter in te schatten.

Er is consensus over, dat een extractie van grondmonsters met een verdunde salpeterzuuroplossing, de potentiële biobeschikbare-fractie van metalen in oppervlaktewater dichter benadert dan de gebruikelijk totaalgehaltemeting. Het totaalgehalte wordt verkregen door destructie van een grondmonster met een sterk mengsel van zoutzuur en salpeterzuur, ook wel Koningswater of 'Aqua Regia' genoemd. Zelfs de Aqua Regia-extractie maakt niet de totale hoeveelheid metalen uit de bodemmatrix vrij. Daarvoor zijn nog agressievere destructiemethoden nodig, die de mineralogische structuur van bodemdeeltjes verder openbreken. Dat is echter niet relevant voor het bepalen van het gehalte aan verontreinigen of de beschikbaarheid er van. Met andere woorden, ook het 'totaalgehalte' van een stof is een relatief begrip en afhankelijk van de gebruikte methodiek.

De verwachte verbetering in beoordeling van grootschalige bodemtoepassingen in diepe plassen op basis van de Aqua Nitrosa-methode is in de afgelopen 7 jaren onderzocht op werking in de uitvoeringspraktijk. De kwalificatie "beter" is nog niet duidelijk gedefinieerd, en is deels een keuze die door het beleid moet worden gemaakt.
Onderzoeksinstituut Deltares heeft een reeks van zogenoemde 'consequentie-analyses' uitgevoerd. Daarbij zijn onder andere de gevolgen bekeken voor het toestaan of afkeuren van partijen grond/slib in diepe plassen. De resultaten hiervan lieten zien dat de 'toepassingsruimte' van beide methoden (via Aqua Regia of Aqua Nitrosa) veel overeenkomsten vertoont. De beoordeling volgens het MHT valt op basis van gestandaardiseerde bodemkenmerken gemiddeld iets strenger uit, dan die voor de met Aqua Regia-geëxtraheerde gehaltes. De Aqua Nitrosa-methode heeft het voordeel dat fosfaat kan worden geanalyseerd

in dezelfde extracten van grondmonsters. De gehaltes van beschikbaar fosfaat zijn bij toepassing vaak een belemmering voor de waterkwaliteiteisen die de Kaderrichtlijn Water voorschrijft. Afhankelijk van de specifieke eigenschappen van een metaal variëren de verschillen tussen de extractiemethoden. Een nadeel van Aqua Nitrosa is dat kwik-verontreiniging niet via deze methode kan worden beoordeeld. Daar blijft de bepaling van gehaltes met Aqua Regia voor nodig.
Voor organische verbindingen zijn meestal specifieke extractietechnieken noodzakelijk deze kunnen niet via Aqua Nitrosa worden gemeten.

Tijdens de ontwikkeling van het MHT voor toepassing van grond in diepe plassen, ontstond de wens om de Aqua Nitrosa-methode uniform toe te passen in alle bodembeleidskaders. Reden hiervoor was onder meer het beperken van de variatie in benodigde analyses, en eenvoud in de beoordelingsmethodiek.
Deze aanpassing zou bij voorkeur plaatsvinden bij de overgang van de Wet Bodembescherming naar de Omgevingswet. De mogelijkheden hiervoor zijn rond 2016 onderzocht. In een RIVM-rapport in de vorm van een Visiedocument uit 2017, werd een positieve conclusie getrokken over de mogelijkheid om de (ecologische)risicobeoordeling van metalen in landbodem ook op Aqua Nitrosa te baseren. Dit, met een advies voor aanvullend onderzoek onder andere naar de kwaliteitscriteria voor gezondheidsrisico's. Tevens zou een inhoudelijke consequentie-analyse moeten worden uitgevoerd voor beheer van verontreinigingen en toepassingen op de (droge) landbodem (analoog aan die voor natte toepassingen). Zowel de technisch-wetenschappelijke consequentie-analyse, als die voor de implementatie in verschillende beleidskaders zijn sindsdien voor landbodem niet doorgezet.

De beoordeling van de omschakeling naar Aqua Nitrosa in alle beleidskaders voor bodembeheer, leidt tot de constatering dat deze voor de landbodem een grotere en meer complexe opgave vormt dan die voor toepassingen in diepe plassen.
Het bodembeleid en bodembeheer kent diverse toets- en afwegingskaders, zoals die voor de effecten op humane gezondheid, voedselkwaliteit, ecologische risico's en verspreiding van stoffen in de bodem en het grondwater. Vanuit die complexiteit volgen een aantal conclusies, overwegingen en aandachtspunten, bij de keuze om al dan niet over te gaan op een beoordelingskader gebaseerd op de Aqua Nitrosa-beschikbare fractie. Samengevat zijn dit de volgende:

- Beoordeling van grootschalige bodemtoepassingen volgens Aqua Nitrosa in diepe plassen (verondieping met grond/bagger), is uitgebreid onderzocht in studies van Deltares. Het voorstel voor een Milieuhygiënisch Toetsingskader op basis van Aqua Nitrosa is gekoppeld aan KRW-normen. Naast de milieuchemische onderbouwing voor de uitvoeringspraktijk, zou meer aandacht moeten worden besteed aan de validatie van ecologische effecten in 'het veld'.
  Uit de inhoudelijke consequentie-analyses blijkt, dat de toepassingsmogelijkheden van partijen grond volgens de bestaande richtlijnen (c.q. Bbk-Wonen) versus de gestandaardiseerde 'generieke samenstellingswaarden voor bodem' uit het MHT, weinig verschillen. Daarmee lijkt omschakeling naar Aqua Nitrosa vooralsnog in de praktijk geen grote voordelen op te leveren.
- Ongeacht of er voor metalen kan worden overgegaan op Aqua Nitrosa-extracties, moeten er voor verschillende groepen stoffen andere

analysemethoden worden gehanteerd. Het eventuele voordeel van een omschakeling naar Aqua Nitrosa-extractie voor metalen is dus van invloed op een beperkt deel van het stoffenbeleid.

- Regelgeving voor grootschalige bodemtoepassingen in diepe plassen is ondergebracht in het Besluit bodemkwaliteit (Bbk). Het Bbk schrijft voor dat deze activiteit een 'nuttige toepassing' moet zijn. In het geval van verondieping is dat gemotiveerd op basis van veronderstelde verbetering van de ecologische waarde en biodiversiteit van dergelijke plassen. Uit recent onderzoek zijn er sterke aanwijzingen dat deze redenatie vaak niet op gaat. Daarmee zou de legitimatie voor het toepassen van grond en bagger in diepe plassen komen te vervallen. Geadviseerd wordt om het onderzoek naar ecologische effecten van verondieping uit te breiden naar een groter aantal 'vrijliggende en mee-stromende diepe winputten'.
- De (bio)beschikbare fractie in landbodem verschilt per metaal, wordt beïnvloed door de bindingssterkte van bodemdeeltjes, en 'rijping' van de verontreiniging. De toepassing van grond en bagger kent daarnaast een verscheidenheid aan uitvoeringen die van invloed zijn op de mobiliteit van metalen (o.a. nat->droog en v.v.). Daar moet rekening mee worden gehouden bij de beoordeling van effecten, in combinatie met handhaving en vergunningverlening. Het is nog niet duidelijk wat in dit opzicht de gevolgen zijn van een overstap naar Aqua Nitrosa op de normstelling van droge bodem.
- Het gebruik van normen op basis van totaalgehalten is wetenschappelijk uitgebreid onderbouwd en op effecten gekalibreerd. Er is een onderzoeksprogramma (consequentie-analyse) voor landbodem nodig om de verschillen van de huidige risicobeoordeling van humane en ecologische effecten, met die volgens Aqua Nitrosa-extractie te kwantificeren.
- Er zijn aanzienlijke inspanningen en kosten gemoeid met een (technische) transitie naar een Aqua Nitrosa-beoordelingskader. Er zal tevens een traject van gewenning plaats moeten vinden voor de uitvoeringspraktijk. Sinds enkele decennia worden methodieken en onderzoeksprotocollen gebruikt op basis van totaalgehalten. Veel van deze methodieken zijn gestandaardiseerd en gecertificeerd. Deze zullen moeten worden aangepast aan de Aqua Nitrosa-methode.
- Er is een nieuwe analyse gemaakt van de beleidskaders, normering en samenhangende regelgeving waar de Aqua Regia-methode in voorkomt, en waar aanpassing in nodig zou zijn (hoofdstuk 8). Hier blijkt uit dat er diverse regelingen en besluiten moeten worden aangepast, die thans zijn vastgelegd onder de Omgevingswet. Daarnaast zijn er met normen samenhangende regelgeving en registraties. Tezamen vormt dit een uitgebreid stelsel. Een praktisch voorbeeld is de huidige bodeminformatie die door gemeenten en provincies is vastgelegd in Bodemkwaliteitskaarten. Deze zijn geënt op totaalgehaltes van metalen in de bodem, en zullen dus moeten worden 'omgeschaald' en opnieuw uitgegeven.
- In de landen van de Europese Unie, de USA, en Azië zijn bodemkwaliteitsnormen voor bodemverontreiniging (voor zover bekend) gebaseerd op totaalgehalten. Daarom zou met een transitie naar Aqua Nitrosa-extracties de aansluiting met andere landen worden losgelaten. Vanuit de EU-bodemstrategie wordt juist aangedrongen op meer harmonisatie voor wat betreft de beoordeling van bodemverontreiniging.

- Eindconclusie: in antwoord op de vraag die ten grondslag lag aan deze verkenning kan worden gesteld dat: het *in theorie* mogelijk is om op de middellange termijn over te schakelen op een normstelling voor metalen in de landbodem gebaseerd op Aqua Nitrosa-extractie. Daarvoor is echter nog een aanzienlijke investering in tijd, onderzoek en transitie-activiteiten nodig. Deze omvat een wetenschappelijke onderbouwing van de toetswaarde (met name ecotoxicologie), ombouw van beoordelingsmodellen zoals de Risicotoolbox (humaan, ecologische, uitvoeringspraktijk), aanpassingen in uitvoeringsprotocollen, en beleidskaders.
  Gezien de ervaringen met het toepassen van het MHT, is het de vraag of de kosten tegen de baten opwegen. Een in wetenschappelijk opzicht betere methode zoals Aqua Nitrosa-extractie hoeft niet samen te gaan met een relevante verbetering voor de uitvoeringspraktijk. Ook in de huidige methodiek van bodemkwaliteitsbeoordeling voor metalen via Aqua Regia zijn nog relevante verbeterstappen te maken, zoals bijvoorbeeld in de manier waarop het bodemtype kan worden verdisconteerd.

  Het is aan te bevelen om een doelgericht onderzoekprogramma voor landbodem op te zetten, waarin stapsgewijs wordt gewerkt aan het oplossen van implementatievragen en wetenschappelijke aspecten. Een uitgebreide onderbouwing en aanzet hiervoor zijn reeds gegeven in Brand et al. (2009) en Lijzen et al. (2017). Aansluitend kan een kosten-batenanalyse worden uitgevoerd, voordat al dan niet tot een omschakeling naar Aqua Nitrosa-gebaseerde bodemnormstelling wordt besloten.
  Daarnaast bieden huidige beleidskaders al de mogelijkheid om een locatiespecifieke beoordeling uit te voeren, en daarin een Aqua Nitrosa-extractie toe te passen (de zogenaamde tweede stap of '2^{e} tier' van het Saneringscriterium in de Circulaire Bodemsanering). Deze optie kan als alternatief een stuk beter worden benut in zowel de 'natte- als droge toepassingen'. Het biedt minder complicaties voor implementatie en aanpassing van regelgeving.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel van het rapport

Deze verkenning heeft tot doel, informatie te verzamelen om het Ministerie van I&W te ondersteunen bij de afweging, of Aqua Nitrosa gebaseerde beoordeling van de chemische verontreiniging van landbodem – naast de waterbodem/diepe plassen – op de middellange termijn een realistische en gewenste beleidsoptie is.
Met 'Aqua Nitrosa gebaseerde beoordeling' wordt hier gedoeld op het geheel van normen en meetmethoden, waarmee een oordeel wordt gegeven over de risico's veroorzaakt door metalen in de bodem. Naast de technische haalbaarheid ('kan het'?) en onderbouwing ('hoe werkt het en wat is de meerwaarde'?), moeten ook de consequenties voor de praktijk en voor de beleidsimplementatie in beeld worden gebracht.
In de hele keten van sanering, opslaan, reiniging, en hergebruik wordt nu gewerkt met een integraal en afgestemd kader van normstelling, meetmethoden, en data. Een andere meetmethode voor metalen in de landbodem heeft naar verwachting consequenties voor bijvoorbeeld de beschikbare data voor risicobeoordeling en kosten die met een herziening van het beoordelingskader zijn gemoeid. Daarom moeten de consequenties van een aangepaste beoordelingswijze goed worden verkend.

1.2 Type toepassingen

Er is sprake van vier type toepassingen die in principe beschouwd kunnen worden bij de eventuele transitie van Aqua Regia naar Aqua Nitrosa beoordelingen: twee rondom natte (het toepassen van bodem of bagger in oppervlaktewater) en twee rondom droge condities (het toepassen van bodem of bagger op land). Daarbij zijn de eerste twee toepassingen qua beoordeling van risico's voor een groot deel gelijk. Namelijk, bij het toepassen van grond en het toepassen van bagger bij de verondieping van plassen. In beide gevallen vermengt het aangebrachte materiaal zich initieel met oppervlaktewater en dalen de deeltjes vervolgens neer op het sediment. Een verschil is wel dat bagger in het algemeen een fijnere textuur heeft en dat heeft invloed op de wijze waarop en de sterkte waarmee stoffen gebonden zijn.
Voor de toepassing van bagger en grond op landbodems zijn er daarnaast nog andere verschillen. Voor bagger bestaan verschillende typen opslag, waarbij geldt dat 'rijping' van de bagger plaats zal vinden. Hierbij kan het fysisch-chemisch milieu veranderen, wat invloed heeft op de biobeschikbaarheid van stoffen. Opgemerkt wordt dat er naast normen voor toepassingen in oppervlaktewater, ook Maximale waarden zijn (Regeling Bodemkwaliteit) voor grootschalige toepassingen op of in de bodem. Deze Maximale Waarden zijn nu tevens gebaseerd op totaalgehalten.

1.3 Leeswijzer

Deze verkenning moet meer inzicht geven in de consequenties van de voorgestelde verandering in bodemkwaliteitbeoordeling via Aqua Nitrosa, de voor- en nadelen ervan, aangevuld met een actualisatie van opgebouwde kennis.
In hoofdstuk 2 wordt eerst het Milieuhygiënisch Toetsingskader (MHT) beschreven. Het MHT is ontwikkeld voor de beoordeling van grootschalige

opslag van grond en bagger in diepe zand- of grindputten (de ‘natte toepassing’).
In hoofdstuk 3 wordt de bijbehorende ‘consequentie-analyse voor diepe plassen’ samengevat, die is uitgevoerd om de methode te toetsen en de gevolgen van toepassing in de praktijk in kaart te brengen. Deze is aangevuld met een paragraaf over ecologische veldonderzoek in verondiepte plassen en een discussie over het uitgangspunt ‘nuttige toepassing’ in het Besluit bodemkwaliteit.
In hoofdstuk 4 wordt een overzicht gegeven van het voornemen tot implementatie van een op Aqua Nitrosa gebaseerde normstelling, voor zover die rond 2016 tot stand was gekomen. Het is een vertrekpunt voor de update in 2023.
Hoofdstuk 5 geeft een opsomming van de voor-en nadelen die zijn benoemd tijdens de ontwikkeling van het MHT voor natte toepassingen. Het onderzoek en de ervaringen die zijn opgedaan met het MHT vormen een belangrijke bron van informatie, en zijn mede afwegingscriteria achter de keuze om de transitie voor droge bodemtoepassingen al dan niet in te zetten.
Hoofdstuk 6 gaat in op de beoordeling van landbodems, de wijze waarop de normstelling zich daar heeft ontwikkeld, de voor- en nadelen en (on)mogelijkheden van een ‘landbodem-specifieke MHT’. Aan het einde van dit hoofdstuk is tevens een vergelijking gemaakt met de extractiemethoden die in een aantal andere Europese landen worden toegepast.
In hoofdstuk 7 wordt een update gegeven van de beleidskaders die worden beïnvloed door een omschakeling naar normstelling gebaseerd op de Aqua Nitrosa-methodiek.
Hoofdstuk 8 bevat tot slot de conclusies die kunnen worden getrokken voor een antwoord op de vraag die het uitgangspunt was voor deze verkenning.

2 Het Milieuhygiënisch Toetsingskader

2.1 Achtergronden en geschiedenis

De beoordeling van bodemkwaliteit onder invloed van toxische stoffen is gebaseerd op risico-afwegingen. De discussie over alternatieve meetmethoden voor het inschatten van de risico's van verontreinigde grond en -bagger speelt al geruime tijd in wetenschappelijke kringen en het milieubeleid. In 2009 ontstonden er in de politiek ernstige zorgen over de risico-onderbouwing van normen voor de 'grootschalige toepassing van grond en bagger in diepe zandwinputten'. Vervolgens heeft de toenmalig minister van VROM de commissie Verheijen ingesteld om een advies te geven over een verbeterde risicogerichte normstelling in die situatie. Het advies van de commissie is verwerkt in de "Handreiking herinrichting diepe plassen", en deze vormt de basis voor de Circulaire Herinrichting diepe plassen (2010). De Technische Commissie Bodem (TCB) heeft in de aanloop daarheen in 2010 een advies uitgebracht over de problematiek en het voorgestelde toetsingskader, met een reflectie op het rapport "Locatiespecifieke beoordeling verondiepen plassen" van het RIVM, ECN en Deltares (Lijzen et al., 2011).
Het advies van de commissie Verheijen heeft geleid tot een onderzoeksprogramma 'Grootschalige bodemtoepassingen in diepe plassen', dat in 2015 is afgerond met een eindrapport en aanbevelingen (Schmidt et al., 2015; 2017). In het rapport werd voorgesteld om over te gaan op een nieuw beoordelingssysteem. De normstelling voor het toepassen van (verontreinigde) grond en bagger zou moeten worden gebaseerd op de invloed die de handeling heeft op het waterlichaam (oppervlakte- en grondwater). Op deze manier wordt meer rekening gehouden met de beschikbaarheid van verontreinigingen onder de plaatselijke omstandigheden. De toetsingscriteria voor grond- en baggerverzet dienen hier vervolgens op aan te sluiten.
Een zwak-zure extractie (uitschudden) van grond/sediment met verdund salpeterzuur (HNO_3, c.q. Aqua Nitrosa) werd aanbevolen als meest geschikte methode voor de verbeterde 'natte' beoordelingsmethodiek. De metaalgehaltes die op deze manier worden verkregen, worden geacht een betere weerspiegeling te zijn van de beschikbare (effect)concentraties in het water of toplaag van het sediment. De methode kreeg de naam Milieu-Hygiënisch Toetsingskader (MHT).

In 2016 werd de 'Werkgroep Diepe Plassen' geïnstalleerd, die de mogelijkheden voor implementatie verder moest voorbereiden. De bevindingen zijn vastgelegd in een memo "Verbetering Milieuhygiënisch Toetsingskader diepe plassen".
Aangezien het toepassen van bagger en hergebruik van grond gereguleerd was/is in het Besluit bodemkwaliteit (Bbk), was de implementatie van het MHT in eerste instantie daar op gericht. Het had echter tevens vanuit de uitvoeringspraktijk de voorkeur om de risicobeoordeling en de kwaliteitsnormen voor de verschillende ('natte en droge') onderdelen van het Bbk te uniformeren. Daarmee zouden ook de toetsingscriteria voor landbodem en 'droog grondverzet' volgens de principes van de MHT-methodiek vorm moeten krijgen.
In 2016 waren tevens de voorbereidingen voor de nieuwe Omgevingswet (OW) in volle gang. De benodigde activiteiten waren gericht op afronding van evaluatie, methodiekontwikkeling en -validatie per 2018, als beoogd jaar van

inwerkingtreding. In dit verband moest het Besluit bodemkwaliteit al worden omgebouwd naar relevante AmvB's voor de OW. Voor deze actie was een Implementatie Team samengesteld, dat o.a. de Werkgroep Diepe Plassen aanstuurde. Inpassing van het MHT binnen het toetsingskader diepe plassen was een eerste stap van de implementatie in de Omgevingswet.
Deltares en RIVM gaven een nadere uitwerking aan de praktische aspecten die het ombouwen van het Besluit bodemkwaliteit met zich meebracht. Dit is vastgelegd in een "Werkplan voor de stapsgewijze implementatie van de 0,43 M HNO_3-extractie in het (water)bodembeleid" (Osté, 2016)

In 2017 publiceerden Lijzen et al. een Visiedocument, waarin beschreven is hoe en waarom de Aqua Nitrosa-meetmethode kan worden toegepast in het bodem- en waterbodembeleid onder de Omgevingswet (*status nascendi*).
Het visiedocument is in samenwerking met RIVM, Deltares, RWS, en met consultatie van deskundigen tot stand gekomen. Een belangrijke algemene conclusie is dat: "***bredere toepassing*** *van de 'potentiële beschikbaarheid' (=HNO_3-fractie) in principe mogelijk is, en wordt aanbevolen"*.
Ten aanzien van de implementatie in het beleid en de regelgeving wordt geconcludeerd dat: "*voor de toepassing op een termijn van 3 tot 7 jaar wordt, mede vanuit praktische overwegingen, aanbevolen de eerstelijnsbeoordeling van metalen voor bodem en waterbodem te verbeteren door alle beleidskaders te herzien*".

In het Visiedocument is in tabel 4.2 een overzicht gemaakt van de beleidskaders voor bodem en waterbodem, in combinatie met het 'type handeling' waarbij de Aqua Nitrosa methodiek (op termijn) kan worden toegepast. Tevens werd aanbevolen om een '**consequentie-analyse' uit te voeren**. Hierin moeten zowel de technische aspecten van de extractievoorschriften worden onderzocht, als ook de afstemming van normen (toxicologisch), beleidskaders (regelingen), en de gevolgen voor de uitvoeringspraktijk zoals de grond- en baggersector, en routinelabs. Tot slot is een raming nodig van de kosten die met de hele omschakeling zijn gemoeid.

Milieukundige onderdelen van de consequentie-analyse voor 'grootschalige bodemtoepassingen' in diepe plassen, zijn stapsgewijs onderzocht in studies van Deltares (2016, 2019, en 2022). Hiervoor zijn geschikte meetgegevens uit diverse onderzoekprogramma's verzameld en gecombineerd. Het betrof onderzoeken waarin de twee meetmethoden (Aqua Regia- en Aqua Nitrosa-extracties) zijn toegepast op dezelfde monsters. Voor een deel zijn aanvullende analyses gedaan (zie ook paragraaf 2.2).

De consequentie-analyse voor **landbodems**, is niet uitgevoerd (zowel voor risicobeoordeling, praktijk als regelgeving). Er is geen vervolgopdracht gegeven voor de uitwerking van deze tweede pijler onder de vernieuwing van het Besluit Bodemkwaliteit binnen de Omgevingswet. De redenen hiervoor zijn niet duidelijk. Hierdoor is er een verschil ontstaan in het vernieuwingsproces van risicobeoordelingsmethoden voor 'natte-' en 'droge-' toepassingen van grond en bagger.

2.2 Ontwikkeling van het MHT

Het Milieuhygiënisch toetsingskader is ontwikkeld voor een specifiek geval, namelijk de grootschalige toepassing van grond en bagger (c.q. het bergen ervan) in diepe gegraven zand- en grindwinputten. Voor grootschalige

bodemtoepassingen, bijvoorbeeld in infrastructurele werken, gelden een aantal aparte criteria ten aanzien van de kwaliteitseisen en manier van verwerking. Een grootschalige bodemtoepassing omvat meer dan 5000 m^3 grond, heeft een minimum dikte van 2 meter, en wordt meestal van een afdek-/leeflaag van 1 meter dikte voorzien.

Het toepassen van (licht verontreinigde) grond/slib in een diepe plas is te vergelijken met een 'uitschudexperiment op Mega-schaal'. Het gestorte materiaal suspendeert in het water als een grote stofwolk en sedimenteert daarna naar de bodem van de diepe plas. De grovere delen als zandkorrels bezinken sneller dan slib en organische deeltjes. In de tussentijd kunnen aanwezige verontreinigingen en voedingsstoffen oplossen in het water, afhankelijk van hun beschikbaarheid (mate van binding aan de matrix). Het 'verondiepen' van een diepe plas gaat meestal in stappen en kan gespreid plaatsvinden over een termijn van jaren. Afhankelijk van de situatie (bijv. al dan niet geïsoleerde ligging) of het gebruikte materiaal, kan ook onderwater een afdeklaag worden aangebracht en is er een uitloog-mogelijkheid door contact met de grondwaterstroom. Door het toepassen van grond/slib worden naast de fysische effecten de chemische- en ecologische waterkwaliteit dus mogelijk sterk beïnvloed.
Bij de ontwikkeling van het MHT is gezocht naar een methodiek die een goede voorspelling geeft van de effecten die het toepassen heeft op de kwaliteit van het oppervlaktewater en het grondwater. Bovendien is het van belang om de invloed te kennen van locatiespecifieke en partijspecifieke eigenschappen. Hiervoor is aangesloten bij de kwaliteitsdoelen van de Kaderrichtlijn Water (KRW). De KRW stelt biologische, chemische en fysisch-chemische criteria aan waterlichamen. De chemische criteria voor oppervlaktewater zijn gebaseerd op een lijst met 'prioritaire stoffen' opgesteld door de EU, en een aanvullende lijst met 'specifiek verontreinigende stoffen' die per land kunnen verschillen. Er zijn twee kwaliteitsniveaus voor stoffen gedefinieerd, zowel op basis van een jaargemiddelde blootstelling (JG-MKN), als voor piekbelastingen de maximaal aanvaardbare concentratie (MAC-MKN).

De basis voor het MHT is gelegd in het Onderzoekprogramma Diepe plassen 2011-2015 (Schmidt et al., 2017), waarin chemische processen van bodem-water-sediment-grondwatercontact zijn onderzocht. Uit de metingen zijn onder andere de partitierelaties (c.q. transferfuncties) voortgekomen. Ze beschrijven het verband tussen het Aqua Nitrosa -extraheerbare gehalte van een metaal in de bodem/slib, en de concentratie die na toepassen in oppervlaktewater ontstaat.
De opgeloste hoeveelheid metaal wordt beschreven met een regressievergelijking (transferfunctie). Als verklarende variabelen in de toe te passen grond worden gebruikt: aluminiumgehalte, ijzergehalte, organische stof-gehalte, lutumfractie en zuurgraad. In feite is hiermee een 'interne bodemtypecorrectie' toegepast voor de omrekening van Aqua Nitrosa-bepaalde bodemgehaltes naar opgeloste metaalconcentraties in het oppervlaktewater. Voor bagger onder zuurstofloze omstandigheden, en opgeloste concentraties in grondwater is een vergelijkbare benadering uitgewerkt.
Hieronder is ter illustratie een tabel met transferfuncties overgenomen uit Vink en Broers (2016; pag. 6).

Tabel 2.1 Kopie uit Vink en Broers (2016, pag. 6), met een overzicht van de transferfuncties die zijn afgeleid voor de berekeningswijze van de opgeloste concentratie van metalen in oppervlaktewater (MHT, 2015).

Element		**Functie**
Antimoon	Sb	log *C* = 0,991 + 0,174 x log *Q* – 0,357 x log (0,037 x *Al* + 0,018 x *Fe*) + 0,298 x log *OS*
Arseen	As	log *C* = 1,490 + 0,505 x log *Q* – 1,090 x log (0,037 x *Al* + 0,018 x *Fe*) + 1,010 x log *OS*
Barium	BA	log *C* = 2,330 + 0,711 x log *Q* – 0,300 x log *L* -0,151 x *pH*
Cadmium	Cd	Log *C* = 4,020 + 1,200 x log *Q* – 0,492 x log *OS* – 0,183 x log *L* – 0,501 x *pH*
Chroom	Cr	$C = (1000 \times Q) / (10^{(1{,}790 + 0{,}287 \times pH)})$
Kobalt	Co	Log *C* = 4,920 + 0,994 x log *Q* – 0,177 x log *OS* – 0,117 x log *L* – 0,797 x *pH*
Koper	Cu	Log *C* = 1,510 + 0,683 x log *Q* – 0,275 x log *OS* – 0,186 x *pH*
Lood	Pb	Log *C* = 4,000 + 0,937 x log *Q* – 0,435 x log *OS* – 0,352 x log *L* – 0,683 x *pH*
Molybdeen	Mo	log *C* = 0,970 + 0,760 x log *Q* – 2,090 x log (0,037 x *Al* + 0,018 x *Fe*) + 0,1860 x log *OS* + 0,592 x *pH*
Nikkel	Ni	Log *C* = 4,100 + 1,100 x log *Q* – 0,278 x log *OS* – 0,267 x log *L* – 0,472 x *pH*
Tin	Sn	$C = (1000 \times Q) / (10^{(3{,}6 - 0{,}1 \times (OS/1{,}74))})$
Vanadium	V	C = Q / 7,556
Zink	Zn	Log *C* = 4,260 + 0,992 x log *Q* – 0,480 x log *OS* – 0,574 x *pH*

C = berekende concentratie (µg/l)
Q = geanalyseerd gehalte vlgs. aqua nitrosa, AN (mg/kg)
OS = organisch stof (%)
L = lutum (%)
pH = zuurgraad
Fe = IJzer (mg/kg AN)
Al = Aluminium (mg/kg AN)

Op basis van bovenstaande resultaten zijn op een slimme manier ‘generieke samenstellingswaarden’ afgeleid voor metalen in grond, die worden gemeten met een Aqua Nitrosa-oplossing. Hierbij is uitgegaan van de JG-MKN-norm als toetsingscriterium in oppervlaktewater. Vervolgens zijn de JG-MKN-normen teruggerekend naar Aqua Nitrosa-gehaltes die hier bij horen in een 'standaardbodem’. Dit is gedaan naar analogie met de methodiek die wordt gebruikt bij landbodem. De generieke samenstellingswaarden komen tot stand door vaste waarden voor bodemkenmerken te gebruiken in de transferfuncties. In aansluiting op de bodemtypecorrectie voor landbodems, is tevens gekozen voor organische stof- en lutum-waarden van respectievelijk 10% en 25%. Voor de overige parameters in de transferfuncties (zuurgraad, aluminiumgehalte, ijzergehalte) zijn nieuwe standaardgehaltes gekozen om de generieke samenstellingswaarden te kunnen berekenen voor grond en bagger met een ‘gemiddelde’ samenstelling (Vink en Osté, 2022: pag. 22).

Een verwarrend verschil tussen de generieke samenstellingswaarden voor het MHT, en de bodemtypecorrectie die wordt toegepast op verontreinigingen in landbodems, is dat de eerste een omschaling is van de KRW-oppervlaktewaternorm naar een vaste (gestandaardiseerde) Aqua Nitrosa-concentratie uit geëxtraheerde bodemmonsters.

De bodemtypecorrectie voor landbodem is een omrekening van een gemeten Aqua Regia-metaalconcentratie naar het verwachte totaalgehalte bij gestandaardiseerde waarden voor lutum en organische stof (c.q. 25% en 10%). Zowel de lutum-fractie als het percentage organische stof leveren namelijk een grote bindingscapaciteit voor (toegevoegde) metalen in de bodem.
Bij toepassing van het MHT wordt het Aqua Nitrosa-gehalte van een grondextractie vergeleken met de generieke samenstellingswaarden van een gemiddelde bodem, om te zien of deze voor de toe te passen grond onder- of boven de JG-MKN-equivalent uit komt. De afwijking van de JG-MKN-norm blijft echter onzeker zolang geen gebruik is gemaakt van de werkelijke bodemeigenschappen in plaats van standaardwaarden. Deze beïnvloeden namelijk de uitkomst van de regressievergelijking en daarmee de berekende concentratie in het water.
In landbodembeoordeling volgens het Besluit bodemkwaliteit, wordt het locatiespecifieke gehalte van een verontreiniging altijd omgerekend naar de concentratie in een standaardbodem, met de gemeten waarden voor lutum en organische stof in het monster/locatie. Deze wordt vervolgens vergeleken met de norm (uitgedrukt in standaardbodem).

Naast het generieke spoor dat uitgewerkt is in het MHT, zou voorkeur moeten worden gegeven aan een locatiespecifieke benadering. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de werkelijk gemeten waarden van de bodemeigenschappen in een partij grond/slib. Het verdisconteren van meer bodemkenmerken zou een verbeterde nauwkeurigheid moeten opleveren voor de controle op normoverschrijding. Tevens kunnen dan lokale maximale waarden voor waterkwaliteit worden gekozen en getoetst (Vink en Osté, 2022).

3 Onderzoek verondieping van zand/grindwinning-plassen

3.1 Consequentie-analyse Milieuhygiënisch toetsingskader

Nadat in het rapport van Schmidt et al. (2015, 2017) de inhoudelijk basis is gelegd voor de MHT-methode, zijn aansluitend consequentie-analyses uitgevoerd en gepubliceerd in drie Deltares-rapporten. Deze worden hieronder beschreven.

1. Vink & Broers (2016) hebben met aanvullende Aqua Nitrosa-analyses een database van 74 locaties samengesteld uit diverse meetprogramma's. Hieruit konden ca. 109 geschikte grondmonsters met bijbehorende analyses (Aqua Regia + Aqua Nitrosa) worden gebruikt. Voor 13 elementen zijn de resultaten van verschillende methodieken vergeleken en uitvoerig getoetst (Aqua Regia, Aqua Nitrosa, effect achtergrondwaarden, etc).
Afgezien van de vele interessante details die dit vergelijkend onderzoek heeft opgeleverd, werd op hoofdlijnen geconcludeerd dat: "*vergelijking van de bodemkwaliteitsnorm Bbk-Wonen (=analyse o.b.v. Aqua Regia) met de generieke samenstellingswaarden uit het MHT ongeveer even streng zijn*".
Tevens bleek dat: *"vergeleken met het Bbk is de MHT-beoordeling via de JG-MKN-oppervlaktewaternorm voor de helft van de elementen strenger"*.
Daarnaast werd gesuggereerd om de gemiddelde conversiefactoren voor Aqua Regia naar Aqua Nitrosa te gebruiken in een overgangsregeling, of in situaties waarin Aqua Nitrosa-metingen ontbreken.

2. De consequentie-analyse uit 2016 is uitgebreid met een aanzienlijk aantal meetgegevens uit andere databases (Vink & Postma 2019). Naast de eerder gebruikte 'database Bodemtypen', betrof het vooral monsters van waterbodems (meren en rivieren), metingen in Rijntakken, en bagger uit oppervlaktewateren of stedelijke omgeving. Waar nodig werden aanvullende Aqua Nitrosa-analyses gedaan.
In Vink & Broers (2016) is naar het verschil in beoordeling (normoverschrijding) van individuele stoffen gekeken. In deze studie werd dat uitgebreid naar de eindbeoordeling van partijen grond/bagger als geheel. De Regeling bodemkwaliteit (Rbk)verschilt hierin van de werkwijze die in het Besluit Kwaliteitseisen Monitoring Water (Bkmw) wordt gevolgd. In de Rbk zijn compenserende regels opgesteld voor het aantal stoffen dat is gemeten. Het Bkmw hanteert het principe van 'one out, all out'.
Uiteindelijk werden verschillende beoordelingsmethoden op basis van het Bbk en MHT vergeleken voor verschillende vormen van toepassing.
De overkoepelende conclusie is als volgt: "*Voor baggerpartijen staat het MHT in het algemeen minder toe dan het Bbk, hoewel de verschillen met grondpartijen kleiner zijn. Net als bij grond zijn de restricties het grootst bij toepassingen in de afdeklaag van vrijliggende plassen. Via het MHT kan gemiddeld 8% van de grondpartijen en 13% van de baggerpartijen minder worden toegepast in vergelijking met de generieke beoordeling volgens het Bbk"*.
Daarnaast is voor grondtoepassingen in afdeklagen het fosfaatgehalte een belangrijke kwaliteitsbepalende factor. De normwaarde uit de Handreiking Herinrichting Diepe Plassen leidt ertoe, dat slechts 39% van de grondpartijen voldoet. Het MHT pakt in dit opzicht minder streng uit, en is afhankelijk van het type water waarin toepassing plaatsvindt. Bij het gevoeligste watertype uit

de KRW voldoet 62% van de partijen grond nog aan een toepassing als afdeklaag vanwege de invloed van sulfaat op de beschikbaarheid en mobilisatie van fosfaat.

3. Recent is een derde rapport over de consequentie-analyse-MHT verschenen waarin Achtergrondwaarden en herverontreinigingsniveaus zijn afgeleid voor grond en bagger op basis van Aqua Nitrosa-extracties (Vink en Osté, 2022). Het rapport geeft een verdieping en herbevestiging van eerdere publicaties over de MHT-systematiek. Tevens is een gedetailleerde uitwerking gemaakt van de locatiespecifieke grenswaarde van een metaal in relatie tot de zuurgraad van het 'ontvangende oppervlaktewater'.

3.2 Onderzoek naar ecologische effecten van verondieping

Onderstaande paragraaf handelt over het beleid voor diepe plassen meer in het algemeen. De ontwikkeling van het MHT is hier een onderdeel van. De bescherming van ecologische aspecten wordt benaderd via de KRW-doelen. Verondieping van plassen brengt echter een aantal specifieke milieu-effecten met zich mee, die pas recent met veldonderzoek nader zijn onderzocht.
Sinds begin 2008 vallen 'grootschalige bodemtoepassingen', waaronder dus het toepassen van grond en slib in diepe plassen, onder het Besluit bodemkwaliteit. Volgens dit besluit moet de toepassing van grond *nuttig en functioneel* zijn. In deze voorwaarde schuilt echter ook het gevaar van een 'politiek correcte motivering' van de toepassing.
De "Handreiking voor het herinrichten van diepe plassen" (2010) geeft aan dat 'het zich ontdoen' van licht verontreinigde grond of bagger niet de aanleiding voor het verondiepen mag zijn. Hiermee worden wel twee knelpunten opgelost namelijk, er hoeven geen primaire grondstoffen te worden gebruikt, en herbruikbare grond en baggerspecie kunnen een nuttige bestemming krijgen (TCB 2010).
Het toepassen van grond en bagger wordt daarom gemotiveerd met de veronderstelling dat: *er veilige oevers worden aangelegd (recreatie), er ecologische waarden worden gecreëerd, of dat de diversiteit en beleving van flora en fauna kan toenemen*. Deze visie wordt ondersteund door verschillende betrokken (overheids)organisaties, en belangengroepen waaronder het bedrijfsleven (Bolleboom et al., 2010).

Diepe plassen komen van nature in Nederland slechts in enkele uitzonderingen voor. De gegraven zand- en grindputten vormen daardoor in limnologisch- en ecologisch opzicht een uniek habitat. Het biedt nieuwe mogelijkheden voor soorten die anders geen geschikt leefmilieu kunnen vinden. Diepe plassen met een steile oeverzone bieden een beperkte leefruimte voor ondergedoken planten en wieren. Het beperkt de primaire-productie en daarmee de voedselrijkdom en het natuurlijke verlandingsproces. Diepe plassen hebben de unieke eigenschap van spronglaagvorming (thermocline), die voor stratificatie zorgt en de recirculatie van voedingsstoffen in de waterkolom in de zomermaanden beperkt. Geïsoleerde diepe plassen kunnen daarom langere tijd voedselarm en helder blijven. Het zijn bijzondere ecologische landschapselementen die minder waardevol worden door verondieping.

De claim van de realisatie van natuurontwikkelingsdoelen door het verondiepen van uiterwaardplassen is recent onderzocht door Verstijnen et al. (2022). Naast een literatuurstudie is er veldonderzoek gedaan in 24 buitendijkse en verondiepte plassen. In het onderzoek werden verschillende

riviersystemen betrokken om een beeld te krijgen van de variatie in kenmerken en sturende factoren. Hieruit werden 6 plassen gekozen die in detail gedurende een jaar werden bemonsterd en geanalyseerd. De verbinding met een rivier (al dan niet 'aangetakt zijn') heeft grote invloed op de fysisch-chemische-waterkwaliteit. Tegen de verwachting in bleken de ondiepe plassen minder waterplanten te herbergen. Dit wordt veroorzaakt door de hoeveelheid zwevend stof die in ondiepe plassen voor een beperkend lichtklimaat zorgt. In de geïsoleerde diepe plassen werden kranswieren gevonden die kenmerkend zijn voor voedselarme heldere wateren. Diepe gestratificeerde plassen bieden naar verwachting meer habitatdifferentiatie voor vissoorten, terwijl de waargenomen aantallen vogels niet konden worden gerelateerd aan de diepte van de plas. Ondanks de beperkte steekproef die in dit onderzoek kon worden genomen, wordt de conclusie getrokken dat: "*de ecologie van diepe uiterwaardplassen beter is dan gedacht en verondieping (tot een grote ondiepe plas) niet per definitie lijkt te leiden tot 'ecologische winst', verandert het uitgangspunt voor deze handelswijze. Nuttige toepassing ten behoeve van natuur/waterkwaliteit zoals geformuleerd in het Besluit Bodemkwaliteit is niet automatisch relevant voor verondiepingen van diepe plassen*".
Voor de aanbevelingen en handelingsperspectieven die uit het onderzoek volgen wordt verwezen naar Verstijnen et al (2022).

4 Voornemen tot implementatie (2016)

4.1 Achtergronden

In de vorige hoofdstukken is een overzicht gegeven van de technisch-wetenschappelijke consequentie-analyse, voor zover die is uitgevoerd (met name voor natte toepassingen in het MHT). De aanpassing van de analyse- en beoordelingsmethoden moet vervolgens worden doorgevoerd in de praktijk en de betrokken beleidskaders. In 2016 is dit voorbereid tegen de achtergrond van spoedige inpassing in de nieuwe Omgevingswet.

4.2 Stappenplan

Aan de hand van een aantal scenario's is een stappenplan gemaakt met een toenemende mate van complexiteit, en noodzaak voor onderbouwing (Osté et al., 2016). De eerste stappen gaan over het oorspronkelijke doel van het MHT, namelijk de toepassing van grond in diepe plassen. De meeste varianten daarvan zijn relatief makkelijk in te voeren. De noodzakelijke acties zijn per stap uitgewerkt. Voorgaande beschrijving (hoofdstukken 2 en 3) van de ontwikkelingen in de MHT-consequentie-analyse zijn in het stappenplan (2016) hieronder herkenbaar.

Werkplan voor stapsgewijze implementatie in het (water)bodembeleid (Osté et al., 2016):

Stap 0: geen invoering van Aqua Nitrosa
- Geen activiteiten

Stap 1: Aqua Nitrosa alleen voor de toplaag (0,5 m) van GBT in diepe plassen
- Aanpassing uitwisselformat SIKB/ Aqua-standaard
- Toetsing aan BoToVa toevoegen
- Rapportagegrenzen vaststellen van Aqua Nitrosa in waterbodem en grond
- Bepalen herverontreinigingsniveau o.b.v. Aqua Nitrosa
- Bepalen Achtergrondwaarde (AW) o.b.v. Aqua Nitrosa

Stap 2: Aqua Nitrosa ook toepassen voor de ondergrond in diepe plassen (alles onder de toplaag)
- Grondwatercriteria afleiden
- Anaerobe transferfuncties herzien (zijn afgeleid o.b.v. Aqua Regia)
- Consequentieanalyse
- De omrekenfactor van Aqua Regia naar Aqua Nitrosa verbeteren (bijv. gehalte- en bodemtypeafhankelijk)
- Risicotoolbox waterbodems voor LMW's en het bepalen van (beleidsmatige) uitgangspunten voor LMW's
- BoToVa toetsen toevoegen

Stap 3: Aqua Nitrosa voor het toepassen en verspreiden in zoet oppervlaktewater.
- Vervangen Maximale waarden klasse A , klasse B door normen o.b.v. Aqua Nitrosa.
- BoToVa toetsen vervangen
- Waterbodeminstrumentarium buiten Bbk aan passen: Waterbodemimmissie Toets, Blbi en Handreiking beoordelen

Waterbodems/ SEDIAS en Sedisoil aanpassen, depotbeheerders informeren en adviseren over nieuwe acceptatiecriteria.
- Risicotoolbox waterbodems aanpassen
- Consequentieanalyse

Stap 4: Aqua Nitrosa voor het verspreiden zout oppervlaktewater.
- Geen activiteiten in dit traject

*Stap 5**: Aqua Nitrosa voor het toepassen en verspreiden op de **landbodem**.
- Maximale waarden wonen en industrie o.b.v. Aqua Nitrosa afleiden
- Normen voor verspreiden op het aangrenzend perceel o.b.v. Aqua Nitrosa
- Risicotoolbox bodem aanpassen
- Sanscrit aanpassen

*Noot: Stap 5 is de korte beschrijving voor de 'droge toepassing', waarbij het begrip 'inter-compartimentele afstemming' vorm krijgt via het uitgangspunt dat de 'Maximale waarden- voor wonen en industrie' worden afgeleid o.b.v. Aqua Nitrosa. Dit is qua principe vergelijkbaar met het afleiden van Aqua Nitrosa-grenswaarden bij de 'natte toepassing', waarbij de grenzen uit de KRW niet worden overschreden.

In hoofdstuk 7 is een update en uitgebreidere beschrijving van de implementatie-stappen voor beleidskaders uitgewerkt, op basis van de huidige inzichten.

In 2016 is ook een kostenraming gemaakt voor het implementatie-traject. Tabel 4.1 is overgenomen uit Osté et al. (2016). Het geeft een indicatie van de benodigde investering in tijd en kosten zoals die destijds is ingeschat. Naar de huidige maatstaven lijkt de kostenberekening van toen erg laag. De optelsom van de geraamde kosten in de tabel komt ongeveer uit op 750 k€ plus kosten voor 0,6 fte. Hierbij werd wel aangetekend dat er een flinke onzekerheidsmarge is en er kostenposten zijn die nog niet konden worden geraamd.
Een eerste heel globale kostenschatting anno 2022, naar aanleiding van het nieuwe overzicht van implementatie-activiteiten, inclusief de aanpassing van beleidskaders, leverde een bedrag op van circa 5 miljoen euro. Het verschil is grotendeels toe te schrijven aan het benodigde wetenschappelijke ecotoxicologisch onderzoek, en de afleiding van aanvullende transferfuncties voor landbodem. Daarnaast worden nu in het implementatietraject meer wijzigingen voorzien in de hulpmiddelen (rekentools) die gemaakt zijn voor de (droge) praktijktoepassingen.

Tabel 4.1 Raming van benodigde technische (c.q. instrumentele) implementatie-activiteiten en bijbehorende kosten in 2016 (Osté en al., 2016)

Activiteit	**Wie?**	**Ruwe kostenschatting**	**Doorlooptijd**	**Prior. 2017**	**BOA 2017?**
Activiteit 1.1: toevoegen BoToVa-toetsingsmodule 'toepassen afdeklaag in plassen na verondieping'	RWS Bodem+	0,2 fte RWS + k€45 markt	0,5 jaar	Hoog	Nee
Activiteit 1.2: Rapportagegrenzen Aqua Nitrosa bepalen (AS3000/AP04)	SIKB, in overleg met IenM, (water)bodem-beheerders en laboratoria	Vraagt inzet van div. partijen. Moeilijk in geld uit te drukken.	1-2 jaar	Hoog (opstarten)	Nee

Activiteit	**Wie?**	**Ruwe kostenschatting**	**Doorlooptijd**	**Prior. 2017**	**BOA 2017?**
Activiteit 1.3: Aanpassing uitwisselformat SIKB/ Aquo-standaard	SIKB / IHW	Moeilijk te bepalen, maar het lijkt niet al te omvangrijk (ca. 0,1 fte?)	0,5 jaar	Hoog (op-starten)	Nee
Activiteit 2.1: Grondwatercriteria afleiden	RIVM met inbreng data TNO	k€60	1 jaar	2016	Ja, 2016
Activiteit 2.2: Anaerobe transferfuncties herzien	Deltares	Pm	pm	pm	Ja
Activiteit 2.3: Consequentieanalyse EN Activiteit 2.4: De omrekenfactor van Aqua Regia naar Aqua Nitrosa verbeteren	Deltares met inbreng WUR	k€43	0,5 jaar	2016	Ja, 2016
Activiteit 2.5: RTB waterbodems voor LMW's 1. Visie schrijven op RTB 2. Onderdeel diepe plassen uitvoeren	Deltares, afstemmen met RIVM voor RTB landbodem	1. K€15 2. K€30-130, afhankelijk van de ambitie RTB op langere termijn (webapplicatie of Excel; combineren met WIT/SEDIAS??)	1 jaar	hoog	Ja, wellicht kan onderdeel 1 nog (deels) plaatsvinden in 2016
Activiteit 2.6: Vervangen /BoToVa-toetsen grootschalige toepassingen	RWS Bodem+	Moet worden meegenomen bij activiteit 1.1	-	-	Nee
Activiteit 3.1: Normen AW bodem afleiden o.b.v. Aqua Nitrosa	RIVM/Deltares	k€50 (35k€ voor analyses)	0,5 jaar	Hoog	Ja
Activiteit 3.2a: Opnieuw vaststellen max.waarde klasse A obv ZS lobith 2015-2015 (ook nodig voor niet-vrij liggende diepe plassen)	Deltares	Metingen ZS (10x12 analyses Lobith; 3 x 12 analyses Eijsden) + afleiden HVN: k€17	1 jaar	2016	Ja, 2016
Activiteit 3.2b: visie schrijven voor uitgangspunten klasse B obv Aqua Nitrosa[1] en bespreken met stakeholders	Deltares/RIVM	K€20	0,5 jaar	Hoog	Ja
Activiteit 3.2c: Vervangen max. waarden klasse B obv HC50 niveau aquatisch + transferfuncties	Deltares/RIVM	Bepalen HC50 obv acute EC50-waarden: k€25	1 jaar	Middel	Ja

Activiteit	Wie?	Ruwe kostenschatting	Doorlooptijd	Prior. 2017	BOA 2017?
		Doorrekenen naar sedimentnormen: k€10			
Activiteit 3.3: vervangen BoToVa-toetsen die werken met max.waarden klasse A of B	RWS Bodem+	0,2 fte RWS + k€35 markt	0,5 jaar	Middel	Nee
Activiteit 3.4: Interventiewaarden vervangen in andere beleidskaders	Deltares	K€10	0,5 jaar	Laag	Ja
Activiteit 3.5: RTB waterbodems aanpassen	Deltares	K€20	0,5 jaar	Middel	Ja
Activiteit 3.6: Consequentieanalyse toepassen opp.water o.b.v. Aqua Nitrosa	N.t.b.	K€40	1 jaar	Middel	Ja
Activiteit 4.1: verspreiden zout Visie schrijven en bespreken met stakeholders	I en M/Deltares	0,1 fte RWS + K€25	0,5 jaar	Hoog	Ja
Activiteit 4.2: testen Aqua Nitrosa op zoute bagger	N.t.b.	N.t.b.	1 jaar	Middel	Ja
Activiteit 4.3: afleiden nieuwe normen/stoffen verspreiden van bagger op zee	N.t.b.	N.t.b.	N.t.b.	Laag	Ja
Activiteit 5.1: Interventiewaarden en maximale waarden voor wonen en industrie afleiden o.b.v. Aqua Nitrosa	RIVM	ca k€100, bij beperken ambitie mogelijk lager	2 jaar	Middel	Ja
Activiteit 5.2: RTB bodem aanpassen	RIVM	N.t.b.	>2 jaar	Middel	Ja
Activiteit 5.3: Sanscrit aanpassen	RIVM	Ca. k€100	1 jaar	Middel	Ja
Activiteit 5.4: consequentieanalyse bodem o.b.v. Aqua Nitrosa	N.t.b.	Ca. k€100	1 jaar	laag	ja

4.3 Organische stoffen

Voor organische stoffen is er geen reden voor een transitie naar Aqua Nitrosa-extractie. Om beter tegemoet te komen aan de biobeschikbaarheid voor organische stoffen zijn alternatieve methoden ontworpen (Brand et al., 2012). Dit zijn drie methoden om de *actueel* beschikbare fractie te meten:

- Passive sampling met ‘Solid Phase Micro Extraction (SPME)’.
- Polyoxymethylene Solid Phase Extraction (POM-SPE).
- Passive sampling met siliconenrubber.

En er werden twee methoden geformuleerd om *de potentieel* beschikbare fractie te meten:

- Extractie met de sterke adsorbent Tenax.
- Complexatie met cyclodextrine.

5 Voor- en nadelen van Aqua Nitrosa-extractie voor bodemkwaliteit-beoordeling

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de voor- en nadelen die zijn benoemd aan de hand van (deels theoretische) overwegingen tijdens de ontwikkeling van het MHT in het onderzoek van Deltares (Vink & Broers, 2016; Vink & Postma 2019; Vink & Osté, 2022). Ze dragen bij aan de inhoudelijke- en beleidsmatige afweging om de transitie in beoordelingsmethodiek (van Aqua Regia naar Aqua Nitrosa) voor landbodemtoepassingen al dan niet in te zetten. De genoemde voor- of nadelen uit het MHT en consequentie-onderzoek zijn aangevuld met punten over de landbodem. Deze laatsten overlappen voor een deel met de conclusies in het afsluitende hoofdstuk van deze verkenning.

De **Voordelen** van het gebruik van Aqua Nitrosa-extractie bij de beoordeling van bodem-/slibkwaliteit voor **verondieping van plassen**, zijn als volgt:

- Metalen die via een extractie met Aqua Nitrosa uit grondmonsters worden opgelost, geven in theorie een betere weergave van de (chemisch) beschikbare- of reactieve fractie en effecten die daaraan zijn gerelateerd in het oppervlaktewater. Meer rigoureuze ontsluitingsmethoden, zoals Aqua Regia maken een groter deel van de metalen los uit het bodemcomplex, dan onder normale omstandigheden zal gebeuren. De fractie die tot effecten kan leiden onder veldomstandigheden wordt met een totaalgehalte overschat.
- De Aqua Nitrosa-extractie procedure is ook in een NEN-protocol beschreven (NEN-ISO 22190-2020; ISO 17586:2016). Hierdoor kan deze door routinelaboratoria op gestandaardiseerde wijze worden uitgevoerd.
- De nieuwe beoordelingsmethodiek (MHT) verbreedt de basis van bodemnormen naar de beoordeling van risico’s voor waterorganismen en waterkwaliteit, voor de toepassing van licht verontreinigde grond/slib in diepe zandwinplassen. Dit is een voorbeeld van een potentieel betekenisvolle intercompartimentele afstemming van normen, waardoor het normstelsel als geheel eenduidiger gehanteerd kan worden.
- Wanneer de Aqua Nitrosa-methode kan worden aangepast voor de beoordeling van **landbodems**, kan de verouderde bodemtypecorrectie komen te vervallen.

De **Nadelen** van het gebruik van Aqua Nitrosa-extractie bij de beoordeling van bodem-/slibkwaliteit (nat en droog) zijn als volgt:

- Technisch-analytisch: Een stelselwijziging brengt transitieproblemen met zich mee. De markt (zoals laboratoria en grondbranche) moet leren omgaan met nieuwe protocollen en toetsmethoden. Dit kan, zeker in de beginfase voor uitvoeringsproblemen zorgen door onvoldoende analysecapaciteit, onverwachte consequenties t.a.v. toepassingsmogelijkheden, kinderziektes in aangepast instrumentarium etc.
- Consequenties voor implementatie in de beleidspraktijk **landbodem**:
  - Wijzigingen in de toepasbaarheid van grond en bagger op de landbodem, door veranderde risicogrenzen op Aqua Nitrosa-schaal.

    - Bodemkwaliteitskaarten en andere producten op basis van de huidige getallen moeten worden herzien. Dit kan tot gevolg hebben dat er aanvullende meetrondes door grondbeheerders moeten worden uitgevoerd.
- Alle systemen met bodemdata (opslag, modellen etc.) zouden moeten worden aangepast om Aqua Nitrosa en Aqua Regia data te kunnen verwerken.
- Europese milieukwaliteitseisen en risicogrenzen zijn meestal uitgedrukt in (Aqua Regia-) totaalgehaltes. Nederland heeft in EU-verband verplichtingen waaraan moet worden voldaan. Het moet worden onderzocht welke knelpunten ontstaan door de overstap naar regelgeving gebaseerd op de Aqua Nitrosa-methode, of dat de twee naast elkaar moeten blijven bestaan.
- Aqua Nitrosa-extractie voldoet niet voor kwik. Het blijft dus noodzakelijk om voor dit metaal de Aqua Regia-analysemethode te blijven gebruiken, tenzij om andere redenen kan worden uitgesloten dat de betreffende stoffen geen risico vormen (en buiten het standaard analysepakket kan blijven).
- Het vergt een aanzienlijke investering om alle inhoudelijke aspecten en beleidskaders om te bouwen naar een risicobeoordeling/normering op basis van Aqua Nitrosa. De consequenties zijn weliswaar te benoemen, maar nog niet in kwantitatieve zin uitgewerkt. Het is onzeker wat de gevolgen zullen zijn voor de praktijk (bodemsector) en het beoordelen van bodemkwaliteit in het algemeen.

6 Aqua Nitrosa voor de beoordeling van landbodems

6.1 Algemeen

De situatie in (droge) landbodems is in meerdere opzichten **fundamenteel verschillend** van de specifieke toepassing als de berging van (verontreinigde) grond/bagger in een oppervlaktewaterlichaam.
Zoals in het voorgaande is toegelicht zijn de voorgestelde risicogrenzen in het MHT afgeleid van de kwaliteitsnormen voor prioritaire- en specifieke stoffen uit de Kaderrichtlijn Water. Dat is logisch, gezien het eindpunt van de toepassing. Daarnaast zijn de KRW-normen grotendeels gebaseerd op aquatisch-ecologische risico's.
De beoordeling van **landbodem** gaat enerzijds uit van situaties waarin bodem verontreinigd is, maar niet wordt verplaatst, tenzij er sanering moet plaatsvinden (Circulaire bodemsanering). Anderzijds zijn kwaliteitseisen voor toepassing- en gebruik van grond, geregeld in het Besluit-/Regeling bodemkwaliteit via de Wet Bodembescherming. Daar ligt het accent op risico's van verontreinigingen bij verschillende vormen van gebruik, al dan niet in combinatie met grondverzet. Beschermdoelen en blootstellingsroutes zijn hierdoor in de praktijk, in de landbodem dus anders dan onderwater. In dit verband is het van belang te bedenken waar de Aqua Nitrosa-meting van landbodem aan getoetst moet gaan worden. Alhoewel niet logisch, kan dit in principe op basis van de waternorm uit de KRW volgens de MHT-methodiek, of op basis van een nieuwe risicogrens afgeleid uit bodemtoxiciteitstoetsen.

6.2 Ecologie

Ook in de landbodem is er een overeenkomst met het aquatische beschermdoel ecologie, namelijk wanneer blootstelling plaatsvindt via het bodemvocht/poriewater. Afhankelijk van de grootte van het organisme (bacterie of boom) is te veronderstellen dat 'onderdompeling' in meer of mindere mate optreedt en blootstelling via de waterfase verloopt. Het poriewatermilieu is echter sterk wisselend van samenstelling in tijd en ruimte, waardoor een blootstellingsniveau lastig is vast te stellen, of te modelleren. Het is een belangrijke reden om totaalgehaltes te meten, zeker als een 'antropogene toevoeging', c.q. bodemverontreiniging ver boven de natuurlijke achtergrondwaarde uitsteekt. Een onzeker aspect blijft de potentiële beschikbaarheid van deze toevoeging.
Een extractie als die met Aqua Nitrosa is niet, of veel minder, gevoelig voor variaties in bindingsterkte die lokaal optreden in tijd en ruimte. Aan de andere kant is deze extractie nog krachtig genoeg om ook de nalevering van de sterker gebonden, maar potentieel beschikbare, fractie te verdisconteren (zie ook Brand et al., 2009).
Naast stoffen in poriewater zijn er ook voor planten en dieren andere blootstellingsroutes van toepassing: direct (huid)contact, inhalatie (stof en vluchtige verbindingen) grondingestie en opname via voedsel. De onderlinge verhouding van deze routes verschilt tussen organismen die in of op de bodem leven. Daarin is sprake is van een grote verscheidenheid aan soorten. De hoeveelheid ecotoxicologische gegevens over terrestrische dieren en planten is echter kleiner dan die voor waterorganismen. De grenzen voor 'ernstig ecologisch risico' (interventiewaarden) zijn gebaseerd op een effectniveau, waarbij 50% van de organismen schade ondervindt of sterft (EC_{50} en LC_{50}).

6.3 De mens

Voor de mens worden verschillende blootstellingsroutes beschouwd, onder te verdelen in orale, inhalatieve en dermale blootstellingsroutes. De routes die het meeste bijdragen zijn: inhalatie van dampen binnenhuis (met name van belang voor vluchtige stoffen), consumptie van voedingsgewassen (van belang voor mobiele stoffen) en grondingestie (immobiele stoffen). De bijdrage van deze routes verschilt per stof en per bodemgebruik (blootstellingsscenario). Voor metalen zijn ingestie en consumptie van voedingsgewassen de enige blootstellingsroutes.
De risicogrens waaraan blootstelling getoetst wordt is de waarde van de MTR_{humaan}. Het uitgangspunt bij de berekening van de normen is dat de levenslang-gemiddelde blootstelling onder deze grens geen negatieve effecten heeft (vergelijk verschil met ecologische grenswaarde). Bij genotoxisch-carcinogene stoffen, die geen drempelwaarde voor effecten hebben, geldt een risico van een extra kans op kanker, van 1 op een miljoen per jaar. Bij stoffen met een drempel voor blootstelling is de risicogrens gelijk aan de TDI (Toelaatbare Dagelijkse inname).
De humane risico's van blootstelling aan stoffen wordt berekend met het model CSOIL (Van Breemen et al., 2022). Hierin worden zeven vormen van bodemgebruik onderscheiden, elk met een specifiek blootstellingsscenario. De risicogrenzen worden uitgedrukt in totaalgehaltes.

6.4 Normen

De generieke norm voor een stof in de bodem, de interventiewaarde, wordt uiteindelijke bepaald door de laagste van de ecologische en humane risicogrenswaarde.
In het normenstelsel voor bodem (Circulaire Bodemsanering en Bbk/Rbk) spelen naast ecotoxicologische risicogrenzen dus ook een set aan humane factoren een rol.

Daarnaast zijn in lijn met het Besluit bodemkwaliteit de Maximale waarden voor landbodems onderbouwd aan de hand van de volgende aspecten (zie overzicht in Wezenbeek et al., 2014):

- De toegepaste beschermingsniveaus zijn afhankelijk van de gevoeligheid van het te beschermen object bij het betreffende bodemgebruik.
- De normstelling is gebaseerd op een risicobenadering, en in de normstelling zijn de volgende typen risico's meegenomen:
  - de kans op een effect op de gezondheid van mensen;
  - de kans op een effect op ecosystemen, zoals effecten op planten en dieren en verstoring van natuurlijke processen in de bodem;
  - de kans op verspreiding van verontreinigingen via het grondwater;
  - de kans op effecten op de landbouwproductie, zoals effecten op de opbrengst, de gezondheid van vee en de overschrijding van Warenwetnormen of normen voor veevoer (Senternovem, 2007).

6.5 Omschakelen naar Aqua Nitrosa-beoordeling in landbodems

De opbouw van kennis over risico's van stoffen en bovenstaande afleiding van risicogrenzen (Interventiewaarden, Maximale Waarden) heeft de afgelopen 30 jaar plaatsgevonden op basis van Aqua Regia**-totaalgehaltes van stoffen** in de bodem. Hier zijn veruit de meeste gegevens over beschikbaar. Betreffende analyse- en ontsluitingsmethoden voor metalen zijn voor deze werkwijze gestandaardiseerd, zodat gebruik kan worden gemaakt van de internationale

literatuur over ecotoxicologische effecten van stoffen. Aansluitend zijn ook de normen uitgedrukt in totaalconcentraties. De invloed van bodemkenmerken op de sorptie van stoffen, en daarmee op biobeschikbaarheid, is verdisconteerd via bodemtype-correctieformules. Die zijn empirisch en via regressie-analyse afgeleid, vergelijkbaar met de transferfuncties voor 'natte' toepassing in het MHT.

Dit alles neemt niet weg, dat er in het verleden andere keuzes gemaakt hadden kunnen worden. Wetenschappelijk gezien had een ontwikkeling van methodieken en effecten plaats kunnen vinden op basis van beschikbare fracties. Het onderzoek en de beleidsontwikkeling heeft echter een andere route gevolgd. Het doel zou desondanks hetzelfde zijn gebleven: *experimenteel bepaalde risicomaten moeten zo goed mogelijk passen bij veldgegevens*.
Het drieluik: *Aqua Regia extractie + Normen op basis van totaalconcentraties + Bodemtype-correctie (uit 1987)* had dus ook ontwikkeld kunnen zijn als: *Aqua Nitrosa extractie + Normen op basis van Aqua Nitrosa-extracties*.

Bij het Aqua Nitrosa-systeem kan de correctie voor achtergrondgehalten in verschillende bodemtypen (hoogstwaarschijnlijk) komen te vervallen.
Vanuit chemische invalshoek is het aannemelijk dat de Aqua Nitrosa-fractie een betere correlatie vertoont met concentraties in de waterfase en zogenaamde reactieve concentraties in de bodem. Een Aqua Nitrosa-fractie is net als Aqua Regia niet, of veel minder, gevoelig voor variaties in tijd en ruimte door verschillen in bodemsamenstelling.
Of- en in hoeverre de Aqua Nitrosa-extractie versus de bestaande Aqua Regia-methode een verbeterde fit tussen het **berekende risico** in landbodems en **veldeffecten** oplevert, is niet bekend, het zou opnieuw moeten worden onderzocht (zie ook Brand et al., 2009).
Het is met andere woorden nog niet wetenschappelijk vastgesteld, dat de methodiek Aqua Regia (+bodemtypecorrectie), slechter of beter is dan de Aqua Nitrosa-methodiek voor humane- en ecologische risicoschatting. Voor toepassing in de praktijk geldt bovendien dat een methode die inhoudelijk of wetenschappelijk meer valide is, niet automatisch een verbetering vormt voor een geaccepteerde werkwijze die al voldoet.
In dit verband is het ook van belang om te definiëren wat onder "beter of slechter" wordt verstaan. Hierboven is dat omschreven als "*de correlatie met stoffen in de waterfase*" of "*de overeenkomst tussen experimenteel bepaalde risico's en veldgegevens*", of in een andere variant "*een verbeterde fit tussen berekende risico's in landbodems en werkelijk veldeffecten*". Een relevant selectiecriterium voor beter/slechter is tevens de nauwkeurigheid (spreiding) in de risicoschatting die met een bepaalde methode kan worden verkregen.

In theorie kan er inhoudelijk op verschillende manieren worden overgestapt naar een ecologische risicobeoordeling op basis van het Aqua Nitrosa-systeem. Dat zijn achtereenvolgens: a) gebruik van generieke conversiefactoren, b) toepassen van aquatische toxiciteitnormen en Aqua Nitrosa-gehaltes op landbodem, c) herinterpretatie van ecotoxicologische gegevens, en d) nieuw experimenteel- en ecotoxicologisch veldonderzoek.

Ad a) In de rapporten over de MHT-consequentie-analyses wordt de mogelijkheid geopperd om in een overgangsfase bij ontbrekende gegevens de berekende **generieke conversiefactoren** naar Aqua Nitrosa-waarden te gebruiken.

Wanneer dit wordt toegepast op totaalgehaltes in een te beoordelen landbodem met bijbehorende risicogrenswaarden (normen), dan worden beide door dezelfde factor gedeeld, om van Aqua Regia naar een schatting voor Aqua Nitrosa-gehaltes te komen. Dat geeft dezelfde resultaten voor de beoordeling, maar op een andere schaal. Helaas wordt ook een extra onzekerheid geïntroduceerd door de spreiding in de gebruikte conversiefactor. De resultaten van het milieuchemisch onderzoek in de consequentie-analyses voor het MHT geven houvast om dit nader te analyseren (Vink & Broers, 2016; Vink & Postma 2019; Vink & Osté, 2022). Daarin zijn een groot aantal geschikte data verzameld en aanvullende metingen met Aqua Nitrosa-extracties gedaan. Het heeft voor 13 stoffen gemiddelde ratio's tussen beide methoden opgeleverd. Deze variëren van een factor 50 (Tin) tot een factor van gemiddeld 1,2 voor Cadmium voor de verhouding tussen Aqua Regia en Aqua Nitrosa-extracties (Vink & Broers, 2016). De conversiefactoren vertonen echter een aanzienlijke spreiding (% standaarddeviatie tussen 47% en 384%). Verder is onderzocht in hoeverre het lutumgehalte van de grond/slib invloed heeft op de verschillen tussen de Aqua Regia en -Nitrosa fractie. Dit bleek met name het geval bij lutumgehaltes boven de 20%.
Deze omrekening met conversiefactoren geeft weliswaar de mogelijkheid om een risicoschatting in 'Aqua Nitrosa-eenheden' uit te drukken, per saldo geeft het een verslechtering van de nauwkeurigheid in plaats van een verbetering van de risicoschatting, en wordt niet aanbevolen.

Ad b) **Gebruik van aquatische toxiciteitnormen en Aqua Nitrosa-gehaltes voor landbodem**, is een optie die soms wordt toegepast voor het afleiden van (indicatieve) risicogrenzen wanneer de benodigde toxiciteitsgegevens voor bodemorganismen ontbreken. Het is dus een noodgreep die enige houvast en richting kan geven aan het beoordelen van effecten van een stof. Het van toepassing verklaren van KRW-JG-MKN normen, uitgedrukt in Aqua Nitrosa gehaltes voor landbodem is technisch mogelijk, maar roept tevens vragen en bedenkingen op. Zoals hierboven is aangegeven, bestaan er in landbodem meer blootstellingsroutes dan in water. Ze hangen bovendien samen met de grootte en levenswijze van bodemorganismen. Deze benadering heeft daarom niet de voorkeur en zou nader onderzocht moeten worden op verschillen en uitwerking in de normstelling, voordat er een uitspraak kan worden gedaan over de bruikbaarheid en relevantie ervan.

Ad c) **Herinterpretatie van ecotoxicologische gegevens**, is mogelijk door bestaande databases en literatuur opnieuw te scannen op informatie over metingen in een Aqua Nitrosa-fractie. Vanwege diverse onzekerheden is het lastig in te schatten hoe haalbaar, simpel of complex, een herberekening van ecotoxicologische data uit experimenten zal zijn.
Daarnaast is er een variant die als mogelijke verkorte route voor herberekening van risicogrenzen is voorgesteld. De veronderstelling is dat een concentratiereeks in de meeste ecotoxicologische experimenten bestaat uit toegevoegde metaalverbindingen die in een beschikbare vorm aanwezig zijn. In dat geval kan de traditionele 'Aqua Regia-effectconcentratie' (ongecorrigeerd) gelijk gesteld kunnen worden aan de Aqua Nitrosa-fractie. Een dergelijke omschaling is echter geen herijking op basis van nieuwe Aqua Nitrosa-metingen of nog ongebruikte gegevens daarover in bestaande literatuur.

De aanname over ‘Aqua Nitrosa-vertaling’ van metaalconcentraties in experimenten leidt daarnaast tot vreemde consequenties voor de getalswaarde van bodemnormen. Dit is verder uitgewerkt in paragraaf 6.6.

Ad d) Bij het ontbreken van voldoende literatuurgegevens moet **nieuw experimenteel- en ecotoxicologisch veldonderzoek** worden gedaan, om tot een Aqua Nitrosa-gebaseerde norm te komen. Dit is als het ware de echte ‘proof of the pudding’ voor de Aqua Nitrosa-methode met landbodem. Hiervoor is een systematisch opgezette reeks experimenten nodig, met daarin verschillende typen bodems en bodemorganismen (wormen, geleedpotigen, planten, ….etc.). Deze kunnen bijvoorbeeld in een serie van 100 experimenten met verschillende bodems worden blootgesteld aan een concentratiereeks van metalen. Aansluitend worden de gehaltes in het lichaam gemeten, en die in het testmedium (grond) met Aqua Nitrosa. Het onderzoek kan meer waarde krijgen door een trapsgewijze extractie-sterkte toe te passen. Hierdoor kan zichtbaar worden, wat het best werkt voor de relatie met effecten bij verschillende organismen.
Een voorbeeld ‘van eigen bodem’ waar dat is toegepast in veldonderzoek, is te vinden in de locatiespecifieke ecologische risicobeoordeling die rond de zinkfabriek in Budel is uitgevoerd ter onderbouwing van de Triade-methode (Schouten et al., 2003; par. 3.1.2).
Verschillende organismen zullen naar verwachting een verschillende verband laten zien tussen de lichaamsconcentraties en de Aqua Nitrosa-extracties. Maar ‘grosso modo’ zal er een best-passende gemiddelde methodiek uit kunnen worden afgeleid.
Deze ‘proof’ kent als ecotoxicologische onderbouwing ook een belangrijke onzekerheid. Vooraf kan niet worden gegarandeerd dat de resultaten voldoen om de spreiding (ruis) van de risicogrenzen naar een gewenst niveau te reduceren. Ook de Aqua Nitrosa-extractie kan de beschikbaarheid van metalen overschatten, waardoor er zowel in experimenten als in het veld geen duidelijke relatie is tussen metaalgehaltes en effecten.
Als bovenstaande wetenschappelijke validatieslag succesvol is, moet bij implementatie worden bedacht dat er zowel een transitie in denken is, als een transitie in de belevenis van bodemkwaliteit in de praktijk. Anders gezegd: bodem die onder Aqua Regia “schoon” is kan in de categorie “vuil” terecht komen, en omgekeerd. Dit betekent, dat de eventuele omzetting technisch maar ook juridisch/maatschappelijk goed moet worden onderzocht.
De hamvraag is of de investering in een nieuw Aqua Nitrosa-gebaseerd systeem een wezenlijk verschil gaat uitmaken voor de praktijk van bodembescherming en grondverzet.

6.6 Chemische beschikbaarheid in toxiciteitsexperimenten

In een toxiciteitstoets wordt een test-organisme blootgesteld aan een concentratiereeks van een stof. De gemeten effecten in het experiment worden standaard uitgedrukt in een totaalgehalte. In experimentele testsystemen met waterorganismen kan worden verondersteld, dat de toegevoegde hoeveelheid stof geheel biobeschikbaar is, en ‘1 op 1’ het gemeten effect veroorzaakt. Maar ook hier speelt de invloed van zwevend stof en opgeloste koolstof (DOC) een rol bij de biobeschikbaarheid. In aquatische toetsen zou het totaalgehalte min of meer gelijk kunnen worden gesteld aan de Aqua Nitrosa-fractie van een metaal, al heeft het meten daarvan in waterig medium niet zoveel zin.

In testsystemen met bodem zijn er meer factoren die de biobeschikbaarheid beïnvloeden. De relevantie van de uitkomst van een toets (c.q. het ecotoxicologische effect) is mede afhankelijk van de manier waarop de toets is opgezet. Deze kan kortdurend (acuut) of lang (chronisch) zijn. Een toxiciteitstoets met bodemorganismen wordt vaak uitgevoerd met een gestandaardiseerde kunstmatige grond, zoals bijvoorbeeld 'OECD-medium'. Deze heeft een hoog klei- en organische stof-gehalte met een grote bindingscapaciteit voor metalen.
Daarnaast kan er bijvoorbeeld ook gebruik worden gemaakt van een natuurlijke bodem met een toegevoegde concentratiereeks, of juist een verdunningsreeks van een (historische) verontreinigde grond zelf. Het (eco)toxicologische effect wordt mede bepaald door het soort organisme dat wordt gebruikt, en de blootstellingsroute voor dat organisme. Afhankelijk van het gebruikte medium zal de binding van een stof aan bijvoorbeeld de lutumfractie, en de organische stof in de bodem, variëren.
Bovenstaande aspecten maken het lastig om een eenduidig uitkomst te voorspellen voor de hypothese: toegevoegde concentratie/dosis = blootstellingsconcentratie = Aqua Nitrosa-concentratie van een stof = totaalgehalte medium.
Het is in feite onvoldoende bekend, wat het verschil is tussen Aqua Nitrosa en Aqua Regia-extracties van een testmedium (grond), danwel of deze verschillen relevant zijn voor de schatting van een ecotoxicologische effect.

In tegenstelling tot bovenstaande uitleg, is in eerdere rapporten over de toepassing van Aqua Nitrosa-extractie voor de normering van landbodem gesuggereerd, dat bij experimenteel toxicologisch onderzoek het gemeten totaalgehalte gelijk is aan de toegevoegde concentratie, en daarmee aan de beschikbare c.q. Aqua Nitrosa-fractie in de (toets)grond.
Deze redenering leid tot een vreemde discrepantie met de beschikbaarheid in de (veld)bodem en de manier waarop ecologische normen zijn afgeleid. De situatie Aqua Regia=Aqua Nitrosa gaat namelijk niet op voor een grondextract. Uit het vergelijkend onderzoek dat in het kader van het MHT is gedaan, blijkt dat het Aqua Nitrosa-gehalte in de te beoordelen verontreinigde bodem/grondpartij gemiddeld 1.2 keer (Cadmium) tot 50 (Tin) keer lager ligt dan totaalgehalte op basis van Aqua Regia-extractie. Deze verhouding verschilt sterk per metaal. (Vink & Broers, 2016: bijlage B).
Het gevolg van de aanname (conc. Aqua Regia = Aqua Nitrosa in toxtest) is dat de Aqua Regia-gebaseerde norm voor zware metalen in de bodem hetzelfde blijft. De Aqua Nitrosa-geëxtraheerde gehaltes van te beoordelen veldmonsters zijn echter gemiddeld 1.2 tot 50x lager dan het bijbehorende totaalgehalte. De norm (maximale waarde) wordt dan pas overschreden bij een Aqua Nitrosa-gehalte dat een factor 2 (koper, zink), een factor 3 (arseen), een factor 5 (nikkel) of een factor 10 (chroom) hoger is.

Voorgaande discussie is een waarschuwing voor de potentiële consequenties bij het indelen van de bodemkwaliteit in de gebruiksklassen op basis van Aqua Nitrosa-gehaltes. Wanneer die niet voldoende zijn onderbouwd en gevalideerd, kunnen plots aanzienlijk hogere gehaltes worden toegestaan.
De beleidsmatig gehanteerde norm wordt daarnaast gebaseerd op het gevoeligste eindpunt (humaan of ecologisch), en niet alleen op de Aqua Regia of Aqua Nitrosa gebaseerde data. De afleiding van humane risicogrenzen verloopt anders dan die van de ecologische. Daardoor is het uiteindelijke effect van de 'Aqua Nitrosa = Aqua Regia-redenering in toetsen' op de risico's van

bodemverontreiniging niet vooraf in te schatten. Deze factoren zouden in een consequentie-analyse moeten worden onderzocht.

6.7 Tijd voor een nieuwe bodemtypecorrectie

Afgezien van voor- en nadelen die het Aqua Nitrosa-systeem als uitgangspunt voor normstelling met zich mee kan brengen, is er in de huidige bodembeoordelings-methodiek een punt dat voor verbetering vatbaar is. Het betreft de 'bodemtypecorrectie' zoals die nu in het Besluit Bodemkwaliteit is opgenomen.
In het MHT is de bodemtypecorrectie ingebouwd in de transferfuncties van bodemgehaltes naar concentraties in oppervlaktewater. Bij de risicobeoordeling van landbodem is de werkwijze in principe hetzelfde. Hier worden lokale bodemkenmerken gebruikt om rekening te houden met effecten daarvan op blootstelling en biobeschikbaarheid. Concentraties van verontreinigingen worden omgerekend naar een (fictieve) bodem met standaardwaarden voor lutumgehalte (klei) en organische stof. De formules die daarvoor worden gebruikt, zijn in de jaren '80 afgeleid. De afleiding is gebaseerd op onderzoek van Edelman. Het was bedoeld voor het verdisconteren van natuurlijke achtergrondgehaltes van metalen in de Nederlandse bodem. Deze vergelijkingen voldoen echter niet goed om hogere concentraties van verontreinigingen te standaardiseren naar bodemkenmerken.
In de tussentijd zijn de datasets voor het afleiden van biobeschikbaarheids-correcties aanzienlijk uitgebreid, en is veel geochemisch bodemonderzoek verricht. Deze kennis is gebruikt om een verbeterde werkwijze te ontwerpen voor het omgaan met achtergrondgehalten en verontreinigingen op het niveau van de interventiewaarde, doch wel gebaseerd op totaalgehaltes (Spijker et al., 2008, 2011, 2012).

Zoals al eerder opgemerkt, is er ondanks de wens voor uniformiteit in de regelgeving en bredere toepassing van de Aqua Nitrosa-methode, geen consequentie-analyse uitgevoerd met landbodems (c.q. 'droge toepassingen') in aansluiting op eerdere adviezen. Dit zou naar verwachting een uitgebreider onderzoekprogramma vergen dan in de afgelopen 10 jaar voor het MHT is gedaan. Bij landbodem moet rekening worden gehouden met twee eindpunten, de mens en het ecosysteem, en de daarmee samenhangende beoordeling van de risico's. Voor de meeste metalen zouden (analoog aan het MHT) transferfuncties van een (terrestrische) ecologische risicogrens naar de bijbehorende Aqua Nitrosa-extraheerbare fractie in de bodem moeten worden afgeleid. De noodzakelijke onderdelen voor een consequentie-analyse voor landbodem en te nemen stappen zijn voor een groot deel uitgewerkt in Brand et al, (2009), Mesman en Lijzen (2012) en Lijzen et al. (2017). Deze eerdere studies zijn in hoofdstuk 8 aangevuld met een update voor implementatie in de huidige beleidskaders. De consequentie-analyse moet zich richten op verschillende invloedsferen: wetenschappelijk- en technisch-inhoudelijk, aanpassing van- en implementatie in beleidskaders, en de maatschappelijke of juridische impact.

6.8 Overeenkomsten en verschillen met bodembeoordeling in andere Europese landen

Om snel informatie te krijgen over de methoden die in andere EU-landen worden gebruikt voor de beoordeling van de bodemkwaliteit, werd

onderstaande vraag voorgelegd aan het Common Forum (de organisatie van de milieuministeries van de 27 EU-landen)

Vijf landen gaven een reactie, welke hieronder zijn samengevat.

The Dutch screening values for metals in soils (1st tier risk assessment) are referring to total concentrations in soil (aqua regia). In practical application the screening values are adapted to local conditions using metal-specific soil type correction formulas (including organic matter and clay content; but without considering pH, since pH is not a stable factor in time).
In higher risk assessment tiers, other extractions can be investigated, with the purpose to better characterize the available fraction of metals. To select suitable methods the relevance of likely pathways and effects should be considered, like e.g. effects on ecosystems and plant uptake bio-accessibility in the human body or contaminant transport.
The Dutch Ministry of Infrastructure and Water Management assigned the National Institute for Public Health and Environment (RIVM) to investigate the advantages and disadvantages of screening values based on extractions with dilute nitric acid (according to ISO 17586:2016) instead of total soil concentrations. Since dilute nitric acid extraction is more representative for the (bio)available fraction of metals, one might claim that this would make the use of soil type correction formulas redundant. Besides one disadvantage is e.g. that measurements based on dilute nitric acid are not compatible with measurements on total soil concentrations.

QUESTION:
Since we care about harmonization, we would like to know:

- Are there countries/regions which use screening values for soil referring to nitric acid (or other extraction methods), that deviate from the assessment of the total soil concentration?

In Duitsland wordt in hogere (c.q. meer gedetailleerde locatiespecifieke) beoordelingsstappen gebruik gemaakt van ammoniumnitraat-extracties (volgens DIN ISO 19730:2007-07), voor twee doelen:
voor de relatie tussen de gehalten in bodem en groenten;
voor de mogelijke resorptie in de bodem-humaan blootstellingsroute (voor plaatsen waar kinderen spelen) (volgens DIN 19738:2017-06).
Binnen de Duitse richtlijn voor monstername kan de "pH-stat test LAGA EW 98p" worden toegepast als alternatief voor HNO3-extracties. Hierbij wordt het bodemmonster aangezuurd met HNO3 tot pH 4, om de desorptie van metalen te bepalen.

In **Slowakije** werd oorspronkelijk 2M HNO3 extractie gebruikt voor zware metalen in landbouwbodems. In 2004, toen de nieuwe wet nr. 220/2004 Z werd opgesteld, werd overgegaan op koningswater-extracties (totaalgehalte), behalve kwik (Hg), dat wordt bepaald met behulp van een AMA-analysator. In hogere beoordelingsstappen worden ook de biologisch beschikbare vormen van risico-elementen (As, Cu, Ni, Zn, Cd, Pb) gebruikt, als de concentraties van zware metalen hoger zijn dan de geldige hygiënische limieten voor Slowakije (Wet 220/2004). De wijzing in 2004 vond plaats met als doel de verkregen resultaten te harmoniseren; met het Central Control and Testing Institute in Agriculture (UKSUP) in Bratislava en op internationaal niveau.

In **Zwitserland** worden twee richtwaarden voor anorganische verontreinigende stoffen onderscheiden; een voor het totale gehalte en de andere voor het oplosbare gehalte. Het totale gehalte is de som van de van nature in de bodem aanwezige verontreinigingen (‘geogeen’) en de van buitenaf via immissies aangevoerde stoffen. Ze worden geëxtraheerd met een oplosmiddel. Het oplosbare gehalte, verkregen na extractie met een neutrale zoutoplossing (0,1 M NaN03), komt overeen met de beschikbare concentraties voor planten en micro-organismen. Voor de analyse van het totale gehalte schrijft de wetgeving salpeterzuur (2 M HNO3) voor als oplosmiddel, hoewel andere Europese landen koningswater (HCL/HNO3) gebruiken. Conversiefactoren voor praktisch gebruik zijn nog niet beschikbaar. Het gebruik van verschillende extractiemiddelen maakt het moeilijk om resultaten met andere landen te vergelijken. Daarom wordt in Zwitserland overwogen om over te stappen op koningswater om de volgende redenen:
1) De mogelijkheid met Aqua Regia beter te kunnen vergelijken met andere landen.
2) Een beter vergelijk met beoordeling van afval in bouwprojecten, waar beoordeeld wordt op basis van Aqua Regia.

In **Frankrijk** zijn alternatieve benaderingen in gebruik voor de Aqua Regia-methode om het totale metaalgehalte in de bodem te bepalen. Voor de orale blootstelling van mensen met arseen, cadmium en lood wordt de Barge-methode (ISO 17924) gebruikt. Een alternatief is een 0,65% HCl-meting, afgeleid door Pelfrêne et al. (2020). Deze extractie kan in Frankrijk op zijn minst worden gebruikt als eerstelijnsscreening om de orale biobeschikbaarheid van arseen, cadmium en lood te bepalen. Het is niet duidelijk of dit als eerst stap-beoordeling plaats kan vinden.

In **Oostenrijk** beschrijft ÖNORM L 1094-1 de extractie van sporenelementen uit land-, tuinbouw- en bosbouwgronden, die kunnen worden gewonnen met een ammoniumnitraat-oplossing. Deze extractie wordt gebruikt om het aandeel elementen in de bodem te bepalen dat wordt beschreven als "mobiel", wanneer normen worden overschreden. De methode wordt met name gebruikt om de ecologische betekenis van verhoogde concentraties vast te stellen. Dit is dus een beoordeling in hogere locatiespecifieke beoordelingsstappen.

Samenvattend:
Van de vijf EU-landen die hebben gereageerd op de inventarisatie, is er één waar in stap 1 (bepaling van ‘ernstige verontreiniging’) afgeweken wordt van de meting van totaalgehalten: in Zwitserland is naast de bepaling van het totaalgehalte ook een meting met 0,1 M NaN03-extractie mogelijk voor anorganische stoffen. Echter, er wordt overwogen deze optie niet meer mogelijk te maken, in verband met betere aansluiting bij andere kaders in Zwitserland en met internationale kaders. In Slowakije was een extractie met 2M HNO3 voor sommige toepassingen tot 2004 mogelijk. Maar na 2004 heeft men deze optie verlaten, eveneens om een betere aansluiting bij andere kaders in Slowakije en met internationale kaders te verkrijgen. Vier van de vijf landen geven aan mildere extracties te gebruiken in hogere stappen, allen op basis van andere doeleinden en andere extractie-methoden (0,1M NaNO3, 2M HNO3, 0,65% HCl; voor één land niet gespecificeerd).

7 Consequenties van implementatie Aqua Nitrosa-methodiek voor wet- en regelgeving, beoordelingskaders en normering

7.1 Achtergronden

In hoofdstuk 4 is reeds de stand van zaken weergegeven met betrekking tot de technische implementatie zoals die was uitgewerkt in 2016.
In dit hoofdstuk wordt een update gegeven van de beleidskaders die worden beïnvloed door een omschakeling naar normstelling gebaseerd op de Aqua Nitrosa-methodiek. Het vormt een uitgebreid pakket met potentiële taken voor de beleidsafdelingen. Daar is in het verleden nog onvoldoende concrete invulling aan gegeven. Die stap kan echter pas worden gezet als de methodiek ook voor landbodem inhoudelijk is onderbouwd en aan de criteria voor technische (instrumentele) implementatie is voldaan.

Voor een omslag naar een beoordelingskader bodemkwaliteit o.b.v. 'Aqua Nitrosa-beschikbare fractie', dienen drie aspecten te worden overwogen;

1. Een wetenschappelijk-inhoudelijk overweging: "Biedt een nieuw beoordelingskader een *beter* inzicht in de risico's voor mens en milieu?" En aansluitend, wat wordt onder "beter" verstaan.
2. Wat zijn de consequenties voor implementatie in de diverse (bodem)beleidskaders?
3. Een overweging m.b.t. de uitvoering van wet- en regelgeving: "Wat zijn de consequenties voor de uitvoeringspraktijk?".

Dit hoofdstuk gaat over de mogelijke **consequenties voor de beleidsimplementatie** en de **uitvoeringspraktijk.** Het richt zich met name op de betekenis voor het bodemkwaliteitsbeheer, waaronder (maar niet uitsluitend) het grond- en baggerverzet op **de droge bodem**.

De huidige normering zoals bepaald in wet- en regelgeving voor de uitvoering van bodemtaken, is het vertrekpunt van deze verkenning. De normen en de daarmee samenhangende regels zijn opgenomen in het Aanvullingsbesluit bodem Omgevingswet (ABB), het Besluit Kwaliteit Leefomgeving (BKL) en het Besluit Activiteiten Leefomgeving (BAL).
Het huidige beoordelingskader voor bodemkwaliteit in het Besluit Bodemkwaliteit bestaat uit regels, normen en instrumentarium. Deze komen samen in de Risicotoolbox bodem. Wat betreft de gegevens en meetmethoden gaan deze uit van Aqua Regia-totaalbodemgehalten aan verontreinigende stoffen.
In dit hoofdstuk is voor elk beleidskader aangegeven wat het **doel** is, de **onderbouwing** en wat de **consequenties** zijn in geval van aanpassing naar een normwaarde gebaseerd op Aqua Nitrosa 'beschikbare fractie'.

7.2 Interventiewaarde bodemkwaliteit (Bijlage IIA van het ABB)

De interventiewaarde is gedefinieerd als (Aqua Regia)totaalgehalte in mg/kg droge stof.

Doel:
De interventiewaarde vaste bodem representeert een bodemkwaliteit, waarboven de functionele eigenschappen voor mens, dier of plant ernstig zijn

verminderd (of dreigen te worden verminderd). Bij overschrijding van de interventiewaarde kunnen onaanvaardbare risico's voor de gezondheid van mens, plant of dier niet worden uitgesloten en dient te worden vastgesteld of er sprake is van een ernstig verontreinigde bodem. Is dat het geval dan volgt een saneringsafweging waarbij voor de uitvoering de samenhang kan worden gezocht met een natuurlijk moment van (gebieds)ontwikkeling om de verontreiniging aan te pakken of in elk geval onaanvaardbare risico's weg te nemen

De interventiewaarde is de uiterste waarde voor een toets aan de Maximale waarde (zie BBK). De interventiewaarde is van belang in het kader van het graven in bodem (regels voor milieubelastende activiteiten, Besluit Activiteiten Leefomgeving (BAL), Arbo, de registratieverplichting van percelen bij het Kadaster (artikel 55 Wbb, de Regeling beperkingenregistratie Wet bodembescherming, de Wet kenbaarheid publiekrechtelijke beperkingen en Kwalibo) en bepaalt als uiterste grens de toepassingsmogelijkheden van grond en baggerspecie.

Onderbouwing:
De interventiewaarde is bepaald op basis van een risicobeoordeling voor de mens en het ecosysteem. Op basis van de risicobeoordeling worden grenswaarden afgeleid voor mens en het ecosysteem. De methodiek is gebaseerd op internationaal geaccepteerde wetenschappelijke kennis.

Consequenties:
Bij een normstelling o.b.v. Aqua Nitrosa voor (half)metalen zal een aanpassing in verschillende wetgevende kaders nodig zijn. Betreffende de beoordeling van de risico's voor de mens zal de methodiek voor de afleiding van normwaarden, waaronder blootstellingsmodellering met het model CSOIL moeten worden herzien. Met betrekking tot de modellering van opname in consumptiegewassen wordt geadviseerd veldproeven te doen met verschillende moestuingewassen op ten minste drie bodemtypen teneinde een nieuwe bioconcentratiefactoren at te leiden.
Voor de beoordeling van ecologische risico's is de inschatting dat dit, met de kennis van nu, relatief eenvoudig is te realiseren. Echter een inhoudelijke vergelijking, oud-nieuw, is nodig. Hiervoor kan wellicht ook gebruik worden gemaakt van bestaande datasets. De verwachting is echter dat hier een aanvullend ecotoxicologische onderzoekprogramma voor nodig is (zie ook paragraaf 6.5). Maatschappelijke consequenties kunnen voor specifieke gevallen groot zijn. Bijvoorbeeld locaties die voorheen als ernstig verontreinigd waren aangemerkt kunnen bij herbeoordeling dit label (bijvoorbeeld de kadastrale aantekening) kwijtraken en vice versa.

De overige normen uit het Aanvullingsbesluit bodem Omgevingswet (Besluit Kwaliteit Leefomgeving) hebben geen normwaarden uitgedrukt als (Aqua Regia)totaalgehalte. Ze spelen echter wel een rol in het beoordelingskader voor bodemkwaliteit, zijnde een onderdeel van het risico-instrumentarium voor bodem. Voor de volledigheid worden deze normen hieronder vermeld. Waar mogelijk zijn enkele kanttekeningen geplaatst.

7.3 Het humane Maximaal Toelaatbare Risiconiveau (MTR_{humaan}, Bijlage Vb)

Gezondheidskundige grenswaarden, zoals het MTRhumaan, zijn merendeels vastgesteld op basis van dierexperimenten, uitgaande van verontreinigingen in water of voedselmatrices. De levenslang gemiddelde externe blootstelling, berekend met blootstellingsmodellen, wordt vervolgens getoetst aan het MTRhumaan. Het is onduidelijk of de externe blootstelling op basis van een Aqua Nitrosa-beschikbare fractie overeenkomt met de beschikbare fractie in een voedsel- of watermatrix. Ook is niet duidelijk of een via Aqua Nitrosa extracties bepaalde beschikbare fractie vergelijkbaar is met een beschikbare fractie in het maag-darmstelsel van de mens. In het onderzoek naar de beschikbaarheid en effecten van lood op de volksgezondheid is een sterke indicatie verkregen dat de Aqua Nitrosa-fractie een goede indicator is voor de biobeschikbare hoeveelheid lood in de bodem (van Kesteren et al., 2014). Het is wenselijk te onderzoeken welke kennis hierover beschikbaar is.

7.4 De signaleringsparameter beoordeling grondwatersanering (Bijlage Vd)

De signaleringsparameter voor grondwater is uitgedrukt in microgram per liter. Bij een beoordeling van de grondwaterkwaliteit speelt een Aqua Nitrosa-beschikbare fractie geen rol. Met betrekking tot vraagstukken over verspreiding van stoffen (een onderdeel van het grondwaterkwaliteitsbeheer) is de verdeling van een stof (metaal) over de vaste en vloeibare bodemfasen wel van belang. Onderzocht zal moeten worden in hoeverre de Aqua Nitrosa - beschikbare fractie een (meer) realistisch beeld geeft van de mobiliteit in bodemwatersystemen dan modellering op basis van Aqua Regia-totaalgehalten. Bestaande verspreidingsmodellen zullen moeten worden aangepast. Hiervoor kunnen transferfuncties uit het MHT worden gebruikt.

7.5 De stoffenlijst toelaatbare kwaliteit bodem (Bijlage XIIIa)

In de stoffenlijst toelaatbare kwaliteit bodem staan 14 metalen.

7.6 De toxicologisch maximaal Toelaatbare Concentratie in Lucht, de TCL en de geurdrempel (Bijlage XIIIb)

TCL en geurdrempels hebben geen relatie tot een al dan niet Aqua Nitrosa - beschikbare fractie.

7.7 Maximale samenstellings- en emissiewaarden bouwstoffen

Doel:
In het Besluit Bodemkwaliteit worden randvoorwaarden en normen gesteld aan het toepassen van bouwstoffen (vormgegeven, niet-vormgegeven en IBC-bouwstoffen), op of in de bodem en in oppervlaktewater. Hiermee wordt ongewenste verspreiding van stoffen naar het milieu, en in het bijzonder grond- en oppervlaktewater voorkomen. Er zijn in het besluit eisen opgenomen voor het onderscheid tussen bouwstoffen en grond en baggerspecie. Wel kan een bouwstof tot maximaal 20% aan grond/bagger bevatten. Alle bouwstoffen moeten voldoen aan de eisen van het besluit, de maximale samenstellings- en emissiewaarden.

Onderbouwing:
Voor metalen en enkele anorganische parameters gelden maximale emissiewaarden die zijn uitgedrukt in mg/kg. Deze waarden zijn gebaseerd op kritische emissiewaarden die aangeven hoeveel van een verontreinigend metaal uit een bouwstof mag lekken. Bij de vaststelling van maximale emissiewaarden worden, naast de kritische emissiewaarden ook andere belangen, zoals haalbaarheid, meegenomen bij de vaststelling. Kritische emissiewaarden worden afgeleid op basis van een standaardscenario en modellering van uitloging (Negash en Verschoor, 2022).

De emissiewaarden zijn afgeleid in 2007 worden thans geëvalueerd. Op basis van deze evaluatie kunnen voorstellen worden gedaan voor aanpassing. Het is onduidelijk in hoeverre een karakterisering en toetsing van een bouwstof op basis van Aqua Nitrosa beschikbare fractie kan worden geoperationaliseerd. Een dergelijke wijziging maakt geen onderdeel uit van de emissiewaarden-evaluatie.

Consequenties:
Een toetsing van (niet vormgegeven) bouwstoffen op basis van Aqua Nitrosa-beschikbare fractie zou vanuit praktisch perspectief voordelen kunnen bieden, omdat geen (duurdere) kolomproef meer nodig is. Dit moet verder worden onderzocht. Echter de consequenties voor de uitvoeringspraktijk en de mogelijkheden van toepassing (meer of minder toepasbaar) zijn op dit moment onduidelijk. Daarbij kunnen bouwstoffen relatief grote hoeveelheden aan kalk bevatten waardoor het sowieso lastig is om een Aqua Nitrosa - extractie uit te voeren door invloed op de zuurgraad. Ook het gegeven dat bouwstoffen kunnen worden opgewerkt met tot 20% grond/baggerspecie bemoeilijkt de inschatting van toepasbaarheid van Aqua Nitrosa

7.8 Achtergrondwaarden

Doel:
Op basis van de achtergrondwaarde wordt de grens aangegeven tussen een schone bodem (niet of nauwelijks beïnvloed door menselijke activiteiten) en een licht verontreinigde bodem. Als de kwaliteit van grond of bagger voldoet aan de Achtergrondwaarden, is deze geschikt voor elke functie en mag deze overal worden toegepast. De achtergrondwaarde is daarmee een belangrijk ijkpunt voor bodemkwaliteitszorg. Daarbij speelt de achtergrondwaarde ook een rol in de afleiding van ecologische risicogrenswaarden. De achtergrondwaarde wordt uitgedrukt in mg/kg droge stof.

Onderbouwing:
De Achtergrondwaarden zijn gebaseerd op metingen van de bodemkwaliteit anno 2004 in onverdachte landbouw- en natuurgebieden in Nederland. De achtergrondwaarden zijn afgeleid van totaalgehalten aan metalen en andere verontreinigende stoffen. De achtergrondwaarde voor bodem is gebaseerd op de P95-waarde van concentraties aan verontreinigende stoffen in de bovenste 10 cm van de bodem in onverdachte (niet door de mens verontreinigde) landbouw- en natuurgebieden in Nederland. Bij onvoldoende meetwaarden boven de bepalingsgrens geldt deze bepalingsgrens als achtergrondwaarde.

Consequenties
Het is betwistbaar of het mogelijk en wenselijk is om achtergrondwaarden te baseren op een Aqua Nitrosa -beschikbare fractie. Een dergelijke transitie zal

een grote ingreep zijn in het bestaande bodemkwaliteitskader. Bodemkwaliteitskaarten zullen moeten worden herzien en het is discutabel of de beschikbare fractie gedurende langere tijd stabiel blijft. Bepaalde bodemprocessen kunnen hierop van invloed zijn. Desalniettemin zijn er uit geochemisch onderzoek datasets beschikbaar waarmee deze optie nader kan worden onderzocht.

7.9 Maximale waarden bodemkwaliteit

Doel:
Er zijn in de regeling bodemkwaliteit maximale waarden opgenomen voor bodemfunctieklassen wonen, industrie en voor het verspreiden van baggerspecie over aangrenzend perceel. Daarnaast zijn er Maximale waarden voor grootschalige toepassingen van grond op of in de bodem (Maximale emissiewaarden en Emissie toetswaarden). Verder de Maximale waarden verspreiden baggerspecie in zoet oppervlaktewater, de interventiewaarden bodem onder oppervlaktewater, de Maximale waarden verspreiden baggerspecie in zout oppervlaktewater en Maximale waarden grootschalige toepassingen op of in de bodem onder oppervlaktewater (MEW en ETW). Tezamen vormen deze normen het toetsingskader voor grond- en baggerverzet. Het toetsingskader en de daarbij horende normen richten zich enerzijds op de bescherming van de gezondheid van de mens en het behoud van de functionele eigenschappen van de (water)bodem voor mens, plant en dier. Aan de andere kant biedt het stelsel ruimte voor het hergebruik van grond en bagger ten behoeve van maatschappelijke opgaven. Kern van het beleid is dat het hergebruik van grond en bagger leidt tot een bodemkwaliteit die duurzame geschiktheid voor de bodemfunctie garandeert.

Onderbouwing:
De onderbouwing van de maximale waarden en andere normen voor hergebruik van grond en bagger is de beoordeling van risico’s door blootstelling aan verontreinigingen voor de mens en het ecosysteem. Op basis van de risicobeoordeling worden grenswaarden afgeleid voor mens en het ecosysteem. De methodiek is gebaseerd op internationaal geaccepteerde wetenschappelijke kennis en op dezelfde principes gebaseerd als voor de onderbouwing van interventiewaarden bodem. Verschillen zijn gelegen in de beleidsmatig bepaalde beschermingsniveaus voor de mens en het ecosysteem en drie bodemfunctieklassen; landbouw/natuur, wonen en industrie.

Consequenties:
Het is nog niet geheel duidelijk of het mogelijk en wenselijk is om in een generiek stelsel de toepassing van grond en bagger achtergrondwaarden te baseren op een Aqua Nitrosa -beschikbare fractie. Een dergelijke transitie zal een grote ingreep zijn in het bestaande bodemkwaliteitskader. Bodemkwaliteitskaarten voor de toepassing van grond en bagger zullen moeten worden herzien.
Betreffende de beoordeling van de risico’s voor de mens zal de methodiek voor de afleiding van normwaarden w.o. blootstellingsmodellering met CSOIL moeten worden herzien (zie ook 7.2). Met betrekking tot de modellering van opname door consumptiegewassen wordt geadviseerd veldproeven te doen met verschillende moestuingewassen op ten minste drie bodemtypen teneinde een nieuw plantopname model te ontwikkelen. Dit kan in samenloop met de methodiek voor de afleiding van interventiewaarden.

De beoordeling van ecologische risico's is in hoofdstuk 6 uitgebreid beschreven. Aandachtspunt is ook het VTH-deel. Een ander stelsel of een duaal stelstel -(totaal en Aqua Nitrosa-beschikbare fractie) zal een andere invulling vragen.

7.10 Bepalingen m.b.t. grondonderzoek

Doel:
In de regeling bodemkwaliteit zijn Normdocumenten, Certificatie- en accreditatierichtlijnen opgenomen voor werkzaamheden waaronder monstername, monstervoorbehandeling en laboratoriumanalyse. Daaronder valt ook de vaststelling van de bepalingsgrens (intra-laboratorium-reproduceerbaarheid) en aantoonbaarheidsgrens. Dit is onderdeel van het Kwalibo met regels voor de uitvoering van werkzaamheden in de (water)bodemsector en eisen aan de uitvoerders. De doelstelling hiervan is de verhoging van kwaliteit van de uitvoering en om de integriteit van de uitvoerders te waarborgen.

Onderbouwing:
Er zijn voorwaarden gesteld aan de kwaliteit van de uitvoering van bodemonderzoek.
Bodemonderzoeken die gebruikt worden ter onderbouwing van de milieuhygiënische verklaring moeten voldoen aan voorwaarden met betrekking tot de onderzoekstrategie, het veldwerk, laboratoriumanalyses. Daarvoor zijn normdocumenten opgesteld en opgenomen in het besluit bodemkwaliteit.

Consequenties:
Normdocumenten voor monstername, monstervoorbehandeling en laboratoriumanalyse zullen mogelijk moeten worden aangepast. De Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB) is daarvoor verantwoordelijk. Met de implementatie van de Omgevingswet wordt wettelijk een andere extractiemethode voorgeschreven voor de analyse op materiaal bestemd voor toepassing in diepe plassen. Daarom is het SIKB gestart met het traject om de kwaliteit van de uitvoering van die extractiemethode te borgen en worden hiervoor nieuwe prestatiebladen toegevoegd aan zowel AP04 als AS SIKB 3000 (ref. Ontwerp-wijzigingen schema's Bodembeheer t.b.v. Omgevingswet ter openbare reactie - SIKB, gezien dd. 19-12-2022.).

7.11 Vergunningverlening, Toezicht en Handhaving (VTH)

Doel:
De uitvoering van bodemtaken is voor een deel vergunningsplichtig en staat onder toezicht waarbij, in geval van overtreding van regels handhaving plaats vindt. Bij een transitie naar een stelsel op basis van Aqua Nitrosa -beschikbare fractie zal moeten worden nagegaan welke aanpassing m.b.t. de vergunningverlening, toezicht en handhaving noodzakelijk zijn. Ook in geval gekozen wordt voor een duaal stelsel (een beoordeling op basis van totaalgehalten en/of een beoordeling op basis van Aqua Nitrosa -beschikbare fractie) zal aandacht gegeven voor aan de VTH-opgave.
In 2019 heeft RIVM-onderzoek gedaan naar risico-gestuurd toezicht en handhaving van bodemtaken (Swartjes et al., 2019). Hieruit bleek dat het merendeel van de ongewenste gebeurtenissen te maken heeft met de opslag van partijen grond, vermenging van grond en de beoordeling van de kwaliteit van partijen grond, om te bepalen waarvoor het mag worden gebruikt.

7.12 Resume

In Tabel 7.1 is een resume van de beleidstoepassingen opgenomen.

Tabel 7.1 Informatie m.b.t. de herkomst van de huidige normwaarden

Naam	**Laatste vaststelling**	**Bron**	**Eerste vaststelling beleid**	**Inhoudelijke afleiding getalswaarde**	**Eerste inhoudelijke bron**
Bagger/bodem					
Interventiewaarde bodemsanering (grond), thans **interventiewaarde bodemkwaliteit)**	2013	Circulaire bodem-sanering	2009	2001	Lijzen et al, 2001;
Achtergrondwaarde	2013	Bbk en Rbk	2008	2007	Lamé en Nieuwenhuis, 2007
MW Wonen en Industrie	2013	Bbk en Rbk	2008	2007	Dirven et al., 2007
Interventiewaarde waterbodem (bodem onder opp. Water) = Klasse B waterbodem	2013	BbK en Rbk	2008	1994/2008	Van de Berg en Roels, 1991; met enkele aanpassingen
Klasse A waterbodem	2013	Bbk en Rbk	2008	2005	CSO, 2005; Lamé et al., 2007
Emissiewaarde en emissietoetswaarde	2013	Bbk en Rbk	2008	2006	Verschoor et al., 2006

8 Conclusies

Uit deze verkenning naar de voor- en nadelen van Aqua Nitrosa-extractie in vergelijking tot een Aqua Regia-extractie voor toepassingen van grond en bagger, is samenvattend het onderstaande te concluderen. De bevindingen zijn gegroepeerd in (1) voor alle toepassingen, (2) toepassing in oppervlaktewater en (3) toepassing op de landbodem.

Alle toepassingen

- Vanuit het perspectief van intercompartimentele afstemming, of anders gezegd: eenduidigheid van de grondslagen van beoordeling van risico's van verontreinigingen waarbij onderkend wordt dat water, sediment en bodem met elkaar in contact zijn en veelal één systeem vormen of kunnen vormen, is het wenselijk een fundamentele aanpassing van normen (zoals de Aqua Nitrosa-fractie) te bezien in de totaliteit van het beheer van het bodemwatersysteem, dit inclusief de normering en het afwegingsinstrumentarium. Aanbevolen wordt om vooraf een goede consequentie-analyse en kosten-baten-afweging te maken voor toepassingen in- en op de landbodem. Een theoretisch betere optie kan voor de uitvoeringspraktijk weinig verschil uitmaken.
- Voor iedere combinatie van metaal en bodemtype is de verhouding tussen de Aqua Nitrosa-geëxtraheerde fractie en het Aqua Regia-gehalte verschillend. Dit verschil is bijvoorbeeld voor arseen en koper relatief groot maar voor cadmium relatief klein. Dat heeft te maken met het type binding van metalen aan bodemdeeltjes en de beschikbaarheid van andere adsorptieoppervlakken voor ieder bodemtype waaraan metalen zich binden. Zo is de elektrostatische binding aan kleideeltjes relatief zwak en de chemische binding aan organische stof en (hydr)oxiden van ijzer, mangaan en aluminium veel sterker. Daarom verschillen de voor- en nadelen van het toepassen van een Aqua Nitrosa-extractie ten opzichte van een Aqua Regia-extractie voor iedere specifieke toepassing (nat-droog etc).
- Een biobeschikbare fractie kan in de loop van de tijd veranderen door wijziging van de milieu-omstandigheden (verzuring, redoxpotentiaal, nat-droog). Dat kan er toe leiden dat de Aqua Nitrosa-bepaalde fractie het risico onder- of overschat, en daarmee het oordeel over de geschiktheid van een bodem voor toepassingen. Dit zal het meest spelen in landbodems, omdat het fysisch-chemisch milieu in oppervlakte-water meer stabiel beschouwd kan worden.
  Een norm op basis van Aqua Regia is een meer conservatieve waarde die de beschikbare fractie van een metaal overschat. Anderzijds is de 'zwak-zure extractie' met Aqua Nitrosa waarschijnlijk nog dusdanig sterk, dat tijdelijke fluctuaties in de samenstelling van het bodemvocht worden geïntegreerd. In de consequentie-analyses van Deltares zijn reeds een aanzienlijk aantal partijen grond onderzocht op verschillen in extractiemethoden. Het is aan te bevelen om hier systematisch een aanvullend veldonderzoek naar te doen in diverse bodemtypen en verontreinigde situaties.
- Er bestaat een groot aantal normen, methodieken en modellen (samengevat in Tabel 7.1) die gebaseerd zijn op Aqua Regia-totaalgehalten. Er zijn naar schatting aanzienlijke kosten gemoeid met een

transitie naar de Aqua Nitrosa-methode. Bovendien zal er een traject van gewenning plaats moeten vinden voor met name de beoordeling van de bodemkwaliteit in de praktijk, waarvoor al decennialang methodieken beschikbaar zijn gebaseerd op totaalgehalten.
- Verreweg de meeste normen in nationale wettelijke kaders in de EU, de USA, Azië en in andere landen zijn gebaseerd op totaalgehalten. Daarom zou met een transitie naar Aqua Nitrosa-extracties de aansluiting met andere landen worden losgelaten. Vanuit de EU-bodemstrategie wordt juist aangedrongen op meer harmonisatie tussen de landen voor wat betreft de beoordeling van bodemverontreiniging en het in beeld brengen van de voortgang van de bodemsaneringsoperatie. Het is nog onduidelijk hoe dat op elkaar moet worden afgestemd.

Kennis opgedaan met toepassing van grond of bagger in oppervlaktewater (verondieping van plassen, conform het MHT-onderzoek van Deltares)

- Een overstap van de beoordelingsmethodiek op basis van Aqua Regia naar die volgens Aqua Nitrosa, is ten aanzien van ecologische risico's gebaseerd op KRW-normen voor oppervlakte water. Daarmee wordt voor deze toepassing een aanzienlijke verbetering van de normafleiding bereikt. De extractie van bodem of slib met Aqua Nitrosa geeft een betere weergave van de (chemisch) beschikbare of reactieve fractie van metalen in oppervlaktewater. Het is daarom aannemelijk, dat de extractie met Aqua Nitrosa ook een betere maat is voor de risico's op ecologische effecten. Het is aan te bevelen om ook dit aspect in de praktijk te valideren, mede in het licht van recent ecologische onderzoek door het Kennisnetwerk Ontwikkeling & Beheer Natuurkwaliteit (OBN; Verstijnen et al., 2022).
- Voor de wijze waarop de risico's worden beoordeeld is er weinig verschil tussen het toepassen van grond of van bagger, omdat er na storten menging in het oppervlaktewater plaatsvindt. Het verschil is dat natte bagger in het algemeen zuurstofloos is en een fijnere textuur heeft, met een grote bijdrage van kleideeltjes. Dit beïnvloedt de wijze en sterkte van binding van metalen. Met een beoordeling op basis van een Aqua Nitrosa-beschikbare-fractie kunnen deze verschillen als gevolg van de minerale samenstelling worden gemeten.
- De Aqua Nitrosa-extractie is niet geschikt voor het meten van de concentratie aan kwik. De Aqua Nitrosa-extractie is tevens niet toepasbaar op de analyse van organische stoffen.
- Daartegenover staat dat de concentratie aan fosfor (P) wel met de Aqua Nitrosa-extractie te bepalen is, wat niet kan op basis van een Aqua Regia-extractie. Fosfor is een belangrijke parameter in verband met de eutrofiering van oppervlaktewater.
- De Aqua Nitrosa-extractie levert ten opzichte van de huidige methodiek, in technische zin (meetmethode Aqua Regia wordt meetmethode Aqua Nitrosa, gevolgd door numerieke vergelijking met bijhorende normen) een vergelijkbare complexiteit op van de wijze van risicobeoordeling.
- De consequenties voor aanpassingen in wetgeving, juridische- en beleidskaders, van een transitie naar Aqua Nitrosa-extractie bij het toepassen van bodem/slib-monsters in diepe plassen, zijn in het verleden (2015-2017) reeds geïnventariseerd, maar niet in detail uitgewerkt. De implementatie wordt waarschijnlijk onderschat en zou ook voor de natte-toepassingen opnieuw moeten worden begroot qua benodigde tijd en kosten.

Toepassing van grond of bagger op landbodems:

- Voor de wijze waarop de risico's worden beoordeeld is er verschil tussen het toepassen van grond of bagger. Voor bagger bestaan verschillende typen toepassingen, waarbij geldt dat 'rijping' van de bagger plaats zal vinden. Hierbij kan het fysisch-chemisch milieu veranderen, wat invloed heeft op biobeschikbaarheid van stoffen. De verwachting is echter dat de Aqua Nitrosa-fractie hier niet gevoelig voor is. Verder zal er (grote) variatie zijn tussen de concentraties uit een Aqua Nitrosa- en een Aqua Regia-extractie, door verschillen in bodemtypen en metalen (of speciaties van metalen).
- Ook voor landbodem is de verwachting dat met een Aqua Nitrosa-extractie een betere schatting van de beschikbare of reactieve fractie mogelijk is dan op basis van het totaalgehalte. Daarmee is de extractie met Aqua Nitrosa waarschijnlijk ook een betere maat is voor de ecologische risico's. Deze verbanden dienen nader te worden onderzocht vanwege de complexiteit in soortspecifieke blootstellingsroutes in de bodem.
- Het voordeel van een beoordelingsmethodiek op basis van Aqua Nitrosa kan zijn dat bij toepassing van een ecologisch-onderbouwde norm de huidige bodemtypecorrectie niet meer nodig is. De huidige, wettelijk voorgeschreven bodemtypecorrectie staat wetenschappelijk ter discussie. Als alternatief daarvoor is in Spijker (2012) een voorstel voor een nieuwe achtergrondgehaltecorrectie gedaan.
- Voor de beoordeling van risico's van verontreinigde bodem voor de mens, geeft het gebruik van Aqua Nitrosa-extracties een betere beoordeling, indien de blootstellingsroute via consumptie van voedingsgewassen dominant is (mobiele stoffen en een blootstellingsscenario waarbij groentenconsumptie een relevante rol speelt).
  Indien de blootstellingsroute via grondingestie dominant is (immobiele stoffen en geen belangrijke rol voor groenteconsumptie), geeft het gebruik van Aqua Nitrosa-extracties ook een betere beoordeling van de risico's dan het gebruik van Aqua Regia, maar zijn er meer geschikte extractiemethoden (Pelfrêne et al., 2020). Dit maakt toepassing voor humane risico's weliswaar mogelijk, maar wel omslachtig, omdat dit afhangt van, behalve van de combinatie van metaal en bodemtype, het blootstellingsscenario (en dus van het bodemgebruik). Bij de overgang naar Aqua Nitrosa-extracties zullen blootstellingsmodellen en gezondheidskundige grenswaarden (MTR_{humaan}) mogelijk moeten worden bijgesteld. Voor kwik en organische stoffen is de Aqua Nitrosa-extractie niet aan de orde
- Voor de beoordeling van verspreidingsrisico's, is een Aqua Nitrosa-extractie waarschijnlijk geschikter dan een Aqua Regia-extractie gebaseerde beoordeling, omdat het de mobiele fractie beter benadert. Als getoetst wordt in termen van vrachten in plaats van normen voor concentratie, is een op Aqua Nitrosa-extractie gebaseerde beoordeling mogelijk minder geschikt. Dat hangt samen met het gedrag van een stof, de sterke waarmee het aan het bodemcomplex is gebonden, en de snelheid waarmee het metaal uitspoelt.
- Bestaande bodemkwaliteitsgegevens en ecotox-databases kunnen niet simpel en zonder problemen worden geconverteerd van totaalgehaltes (Aqua Regia) naar Aqua Nitrosa-concentraties. Er moet opnieuw worden bekeken of er voldoende geschikte literatuur bestaat om risicogrenzen te bepalen voor Aqua Nitrosa-gehaltes. Mede gezien de unieke keuze in de

Nederlandse regelgeving zal in dat geval waarschijnlijk een specifiek programma met onderbouwend onderzoek nodig zijn.

- Het is tot slot aan te bevelen om een inhoudelijke consequentie-analyse van omschakeling voor landbodem te maken. Als onderdeel hiervan kan een validatie-onderzoek worden gedaan van ecotoxicologische aspecten. Daarmee wordt het gevolg voor de risicoschatting van stoffen in de bodem onderzocht. Aan de hand van die kennis is al dan niet een traject van beleidsmatige omschakeling verantwoord in te zetten. Met andere woorden, er moet stapsgewijs een beter beeld komen op de vraag of 'de baten tegen de kosten opwegen'.

  In 2009 werd door Brand et al. een rapport uitgebracht onder de titel "*Naar het gebruik van biobeschikbaarheid in het Nederlandse bodembeleid.*" De adviezen en conclusies uit dat rapport blijken nog steeds actueel en sluiten aan bij die hierboven. Een citaat uit de laatste paragraaf van de samenvatting geeft de volgende aanbeveling:
  "*Hoewel met dit rapport een eerste stap richting de implementatie van biobeschikbaarheid in het beleid is genomen, zijn er nog vervolgacties nodig. Als vervolg op dit project wordt geadviseerd om een referentiekader op te stellen waarmee de gemeten biobeschikbare concentraties kunnen worden vergeleken. Daarnaast moeten voor enkele methoden nog een technische beschrijving en gebruiksprotocol worden geschreven. Daarnaast is er met name voor de metalen nog onderzoek nodig om de relatie tussen de gemeten concentraties met de desbetreffende methode kwantitatief te relateren aan de toxiciteit van deze concentraties voor biota. Ten slotte wordt er geadviseerd om de methoden na afronding van de bovenstaande vervolgacties te testen door middel van enkele pilotstudies. Naar verwachting kan op de korte termijn het meeste succes worden geboekt met de methodes voor organische contaminanten."*

Dankwoord

Dit rapport is mede tot stand gekomen door bijdragen van de volgende collega's:
M. Rutgers, J. Lijzen, L. Posthuma, T. Traas (allen DMG/RIVM), en W. Peijnenburg (VSP). De auteurs willen hen danken voor de ingebrachte kennis over de historische ontwikkelingen, de inhoudelijke discussies, kritische beschouwing (review) en input voor de tekst en opbouw van het rapport.

Referenties

Bolleboom et al. eds (2010). Handreiking voor het herinrichten van diepe plassen. Notitie van het Implementatieteam Besluit Bodemkwaliteit. Gezamenlijke uitgave: Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Rijkswaterstaat, Provincies, Waterschappen, Gemeenten, Agentschap NL / Bodem+.

Brand, E., P.F. Otte, J.P.A. Lijzen (2007). CSOIL2000: an exposure model for human risk assessment of soil contamination. A model description. Rijksinstituut voor de volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, Nederland. RIVM-rapport 711701054, RIVM, Bilthoven.

Brand, E., W. Peijnenburg, B. Groenenberg, J. Vink, J. Lijzen, D. ten Hulscher, C. Jonker, P. Romkens, E. Roex (2009). Towards implementation of bioavailaility measurements in the Dutch regulatory framework. RIVM report 711701084, RIVM Bilthoven.

Brand, E., Smedes, F., Jonker, M.T.O., Harmsen, J., Peijnenburg, W.J.G.M., Lijzen, J.P.A. (2012). Advice on implementing bioavailability in the Dutch soil policy framework: User protocols for organic contaminants. RIVM-rapport 711701102, RIVM, Bilthoven.

Breemen, P.M.F. van, J. Quick, E. Brand, P.F Otte, A.M. Wintersen, F.A. Swartjes (2020).
Exposure model for human health risk assessment through contaminated soil. Technical description. RIVM-rapport 2020-0165, RIVM, Bilthoven.

Circulaire herinrichting van diepe plassen (2010). Locatiespecifieke beoordeling verondiepen van diepe plassen, eindconcept 2 juni 2010. Opgesteld door RIVM, ECN en Deltares. Staatscourant nr. 20128.

Lijzen, J.P.A., J.W. Claessens, R.N.J. Comans, J. Griffioen, W.J. de Lange, J. Spijker, J.P.M. Vink, M.C. Zijp (2011). Beoordelen grootschalige bodemtoepassingen in diepe plassen Elementen voor generieke en locatiespecifieke beoordeling. RIVM-rapport 607711002/2011, RIVM Bilthoven.

Lijzen, J.P.A., A.J. Verschoor, M. Mesman, P.T. de Boer, L. Osté, P. Romkens (2017). Visiedocument gebruik van biobeschikbaarheid in bodembeoordeling: mogelijkheden voor metalen in bodem en waterbodem. RIVM briefrapport 2015-0215, RIVM Bilthoven.

Mesman, M, J.P.A. Lijzen (2012). Discussienotitie normstelling ecologische risico's Onderzoeksprogramma 2012-2014. RIVM Briefrapport 607711008/2012, RIVM Bilthoven.

Negash, A., A. Verschoor (2022). Critical emission limit values for building materials: technical background, interpretation and reconstruction. A contribution to the knowledge base for environmental standards of building material standards. RIVM letter report 2022-0112 RIVM Bilthoven.

Osté, L., J. Lijzen, E. Brand (2016). Werkzaamheden voor een stapsgewijze implementatie van de 0,43M HNO3 extractie in het (water)bodembeleid. Deltares concept-rapport, Utrecht.

Pelfêne, A., K. Sahmer, C. Waterlot, P. Glorennec, F. Douay, B. Le Bot (2020). Evaluation of single-extraction methods to estimate the oral bioaccessibility of metal(loid)s in soils. Sci Total Environ. 2020 Jul 20;727:138553. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138553. Epub 2020 Apr 14.

Senternovem (2007). Handreiking Besluit bodemkwaliteit. Bodem+, Den Haag, Nederland. http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/brochures/2011/03/10/handreiking-besluit-bodemkwaliteit.html

Schmidt, C., J.P.M. Vink, R. Comans, L. Lamers, J. Postma, J. Lijzen, L. Osté, E. van de Grinten, S. Verbeek (2017). Milieuhygienisch toetsingskader voor grootschalige bodemtoepassingen. Afleiding kwaliteitsnormen voor grond en bagger. Uitgegeven door het ministerie I&M, Deltares, WUR, RUN, Ecofide, RWS ism RIVM, STOWA. 7 februari 2017.

Schouten, A.J., E.M. Dirven-van Breemen, J.J. Bogte, M. Rutgers (eds.) (2003). Locatiespecifieke ecologische risicobeoordeling. Praktijkonderzoek met de TRIADE-benadering: deel 3. RIVM rapport 711701036/2003, RIVM Bilthoven.

Spijker, J. , P.L.A. van Vlaardingen, G. Mol (2008). Achtergrondconcentraties en relatie met bodemtype in de Nederlandse bodem. RIVM-rapport 711701074/2008, RIVM Bilthoven.

Spijker, J., G. Mol, G., L. Posthuma (2011). Regional ecotoxicological hazards associated with anthropogenic enrichment of heavy metals. Environ Geochem Health 2011; 33(4):409-26

Spijker, J. (2012). The Dutch Soil Type Correction : An alternative approach. RIVM-rapport 607711005, RIVM, Bilthoven.

Swartjes, F.A., L. Kok, W. Vercruijsse, E. Dekker (2019). Risicogestuurd toezicht en handhaving: Ranking ongewenste gebeurtenissen in de bodemketen. RIVM-rapport 2019-0105

TCB A060 (2010). Advies Toetsingskader herinrichting diepe plassen. Technische Commissie Bodem, Den Haag.

Van Kesteren, P.C.E., N. Walraven, T. Schuurman, R.A. Dekker, R. Havenaar, A.J.H. Maathuis, H. Bouwmeester, E. Kramer, R. Hoogenboom, W Slob, E.F.A. Brandon, J.C.H. van Eijkeren, G. Boom, K. Miermans, S. Piso, M. Cave, P. Schwillens, J.P.A. Lijzen, M.I. Bakker (2014). Oral bioavailability of lead from Dutch made grounds, A validation study. RIVM Report 607711015/2014.

Verstijnen, Y., A.J.P Smolders, P.J Westendorp, L. Domis de Senerpont, S.Teurlincx, G. van Geest, M. Groen, M. Dorenbosch, P. van Els (2022). Diepe uiterwaardplassen: verondiepen of niet? Rapportnummer 2022/OBN252-RI, VBNE, Driebergen.

Vink, J.P.M., M. Broers (2016). Beoordelingssystematiek bodems: Consequentie-analyse overgang Besluit Bodemkwaliteit naar het Milieuhygiënisch Toetsingskader voor grootschalige toepassingen in oppervlaktewater. Deltares, rapport 1230099-010, Utrecht.

Vink, J.P.M., J. Postma (2019). Consequentieanalyse beoordelingssystematieken grond en bagger; gevolgen voor milieueffecten en toepasbaarheid. Deltares, 11203672-000-BGS-0003, Utrecht

Vink, J.P.M., L. Osté (2022). Afleiding kwaliteitsnormen voor grond en bagger. Achtergronden en overwegingen bij het Milieuhygiënisch Toetsingskader en de inbedding in de Regeling Bodemkwaliteit. Deltares, Utrecht.

Wezenbeek, J., P. Bos, E. Brand (2014). Evaluatie van de toepassing van het bodeminstrumentarium voor het beoordelen van arbeidsrisico's van het werken met verontreinigde bodem. RIVM-briefrapport 320002004/2013, RIVM Bilthoven.

Dit is een uitgave van:

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

juni 2023

De zorg voor morgen begint vandaag