

stowa

VERKENNING CIRCULAIRE SLIBKETEN 2050



RAPPORT

2025
08

VERKENNING CIRCULAIRE SLIBKETEN 2050

RAPPORT

2025

08

ISBN 978.94.6479.065.8



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS Iemke Bisschops, LeAF
Marlies Bos, LeAF
Miriam van Eekert, WU-ETE

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Ad de Man, Waterschap Limburg
Bart Verberkt, Waterschap Aa en Maas
Coert Petri, Waterschap Vallei en Veluwe
Kimo van Dijk, Wageningen Environmental Research
Mariska Ronteltap, Hoogheemraadschap van Delfland
Martin Wilschut, GMB
Ruud Schemen, Waterschap De Dommel
Cora Uijterlinde, Stowa

VORMGEVING Buro Vormvast

STOWA STOWA 2025-08

ISBN 978.94.6479.065.8

De inhoud van deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden in de publicatie, of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud ervan.

STOWA spant zich in de rechthebbenden van in de uitgave gebruikte afbeeldingen te respecteren conform het auteursrecht. Indien u desondanks van mening bent dat uw rechten in het geding zijn, dan verzoeken wij u contact met ons op te nemen.

TEN GELEIDE

Op dit moment is het niet mogelijk om Nederlands communaal zuiveringsslib als meststof in te zetten in de landbouw en zo de kringloop te sluiten.

Waterschappen willen graag in 2050 volledig circulair zijn (Het verhaal van de Circulaire Waterschap-pen van de Unie van Waterschappen, 2021). In het project 'Circulaire slibketen 2050' zijn de mogelijkheden verkend om communaal zuiveringsslib toe te passen als meststof.

In deze studie zijn op basis van beschikbare data de gehalten aan waardegevende bestanddelen en zware metalen in verschillende slibsoorten in beeld gebracht. Hierbij is ook gekeken naar verschillen in samenstelling tussen de verschillende soorten slib, zoals primair/secundair en wel/niet vergist slib.

Volgens Nederlandse en Europese wetgeving mag zuiveringsslib gebruikt worden als meststof in de landbouw, mits voldaan wordt aan de wettelijke eisen waaronder normwaarden voor zware metalen. Sinds 1995 wordt er in Nederland geen rwzi-slib meer afgezet in de landbouw, doordat vanaf toen normen voor zware metalen van toepassing werden. Hieraan voldoet zuiveringsslib niet. Op dit moment wordt er per jaar 300.000 ton droge stof aan zuiveringsslib afgevoerd, dat voor het overgrote deel (96%) wordt verbrand. Waterschappen werken volop aan het winnen van waardevolle grondstoffen uit slib. Denk hierbij aan bijvoorbeeld fosfaat, grondstoffen voor bioplastics, vetzuren etc

De belangrijkste conclusie van dit onderzoek is dat het op dit moment niet mogelijk is om Nederlands communaal zuiveringsslib als meststof in te zetten in de landbouw en zo de kringloop te sluiten. De Nederlandse normwaarden voor koper en zink worden in elke slibstroom overschreden en het is niet de verwachting dat het mogelijk is om deze gehalten omlaag te brengen. Daarnaast zijn er nog diverse andere verontreinigingen die milieurisico's vormen bij toepassing van slib in de landbouw. Wel voldoen alle slibstromen aan de (aanzienlijk ruimere) Europese normen voor andere zware metalen.

Mark van der Werf
Directeur STOWA

SAMENVATTING

In het project ‘Circulaire slibketen 2050’ is in opdracht van de Stowa onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor het circulair maken van de slibketen van communaal zuiveringsslib in Nederland in 2050. De achtergrond van deze vraag is de doelstelling van de Waterschappen om in 2050 volledig circulair te zijn; in de slibketen is dat nu niet het geval. De overkoepelende onderzoeksvraag van het Landelijk Technologen Platform (LTP) van de STOWA was:

“Hoe kan slib van communale zuiveringen in de periode 2025 – 2035 – 2050 worden afgezet als meststof/bodemverbeteraar in Nederland?”.

Het project was van tevoren opgedeeld in twee fasen:

Fase 1: Een eerste indruk krijgen van het perspectief voor slibafzet in de landbouw in Nederland.

Fase 2: Verdere verdieping van de mogelijkheden en uitdagingen.

Deze rapportage heeft betrekking op fase 1. De deelvragen van fase 1 waren:

- Wat is de huidige slibkwantiteit en -kwaliteit?
- Welke vraag naar slib als meststof/bodemverbeteraar is er mogelijk te verwachten?

Volgens Nederlandse en Europese wetgeving mag zuiveringsslib gebruikt worden als meststof in de landbouw, mits voldaan wordt aan de wettelijke eisen waaronder normwaarden voor zware metalen. De Nederlandse normen zijn hierbij aanzienlijk strenger dan de Europese. Ook zijn de normen strenger dan koper- en zinkwaarden die in dierlijke mest kunnen worden aangetroffen. Sinds 1995 wordt er in Nederland geen rwzi-slib meer afgezet in de landbouw, doordat vanaf toen normen voor zware metalen van toepassing werden. Hieraan voldoet zuiveringsslib niet. Op dit moment wordt er per jaar 300.000 ton droge stof aan zuiveringsslib afgevoerd, dat voor het overgrote deel (96%) wordt verbrand.

Met behulp van een grote export uit de Z-info database (alle beschikbare slibdata van 2017-2023) zijn de gehalten aan waardegevende bestanddelen en zware metalen in verschillende slibsoorten in beeld gebracht. Hierbij is ook gekeken naar verschillen in samenstelling tussen de verschillende soorten slib, zoals primair/secundair en wel/niet vergist slib. Dit was niet voor alle data mogelijk, vanwege de in de database gebruikte naamgeving voor slibstromen, waardoor de slibsoort niet altijd duidelijk was.

Zuiveringsslib bevat diverse waardegevende bestanddelen. Volgens de berekening die wordt gegeven in het Uitvoeringsbesluit meststoffenwet, is fosfaat in de meeste gevallen het meest waardegevende bestanddeel in de verschillende slibsoorten. Voor primair slib geldt dit niet; hiervoor is meestal stikstof het meest waardegevend. In theorie zou 45% van het zuiveringsslib de totale hoeveelheid fosfaat die nu via kunstmest wordt toegediend kunnen vervangen. Echter, gezien het nutriëntenoverschot in Nederland lijkt met name de organische stof in het slib interessant voor landbouwkundige toepassing.

Voor toepassing in de landbouw dient zuiveringsslib wel te voldoen aan de eerdergenoemde normwaarden voor zware metalen. Op voorhand was bekend dat de koper- en zinkgehalten in communaal zuiveringsslib daarbij problematisch zijn. Daarom is met behulp van de Z-info data gekeken of er in Nederland individuele slibstromen te vinden zijn waarbij wel wordt voldaan aan de koper- en zinknormen. De gedachte hierover was dat dan verder gekeken zou kunnen worden naar de bijbehorende rwzi-configuratie en samenstelling van het afvalwater. Uit de geanalyseerde data bleek echter dat geen enkele individuele slibstroom waarvan zware metalen gehalten beschikbaar waren voldeed aan de Nederlandse normwaarden voor koper en zink. Er was weliswaar sprake van een beperkt aantal individuele metalenanalyses waarbij werd voldaan aan de normwaarden, maar verdere analyse van die stromen wees uit dat dit in vrijwel alle gevallen uitbijters betrof. Wel voldoen alle slibstromen aan de (aanzienlijk ruimere) Europese normen voor zware metalen. Er is ook gekeken naar de herkomst van koper en zink in rioolwater, om te kijken of het mogelijk zou zijn om de koper- en zinkgehalten in zuiveringsslib te verlagen, bijvoorbeeld door het bij de bron apart inzamelen en behandelen van toiletafvalwater. Dit bleek niet voldoende te zijn.

Naast zware metalen bevat zuiveringsslib ook diverse andere verontreinigingen en risico's, zoals medicijnresten en andere organische microverontreinigingen, PFAS, micro- en nanoplastics en antibioticaresistentie. Bij het zoeken naar circulaire mogelijkheden voor zuiveringsslib zullen deze ook meegenomen moeten worden in de evaluatie.

Toekomstige ontwikkelingen kunnen van invloed zijn op zowel de samenstelling van zuiveringsslib als op de mogelijke vraag naar zuiveringsslib voor nuttige toepassing. Hierbij kan o.a. gedacht worden aan:

- Het verder afkoppelen van hemelwater van het vuilwaterriool; dit zal naar verwachting (vrijwel) geen effect hebben op de slibhoeveelheid. Het zinkgehalte zal dalen omdat dit o.a. via afspoeling van verzinkte daken en dakgoten in het rioolwater komt. Deze daling zal echter niet voldoende zijn om te voldoen aan de huidige norm voor zink in zuiveringsslib.
- Zuiveringsslib bevat diverse stoffen waaronder micronutriënten, waarvan bekend is dat deze op termijn schaarser zullen worden. Naast fosfor staan ook arseen, kobalt, koper, magnesium en mangaan op de EU lijst van kritieke grondstoffen.
- Het is mogelijk dat in de toekomst vaker vermalers ingezet gaan worden voor inzameling van voedselresten uit met name hoogbouw. Indien vermalen voedselresten op het riool geloosd gaan worden (nu niet toegestaan) zal dit invloed hebben op de slibsamenstelling.
- Nederland heeft als doelstelling om circulair te zijn in 2050 op alle gebieden. Afvalwaterbehandeling zal naar verwachting meer gericht zijn op het grondstofterugwinning en waterhergebruik. Dit zal invloed hebben op de slibsamenstelling.

De belangrijkste conclusie van dit onderzoek is dat het op dit moment niet mogelijk is om Nederlands communaal zuiveringsslib als meststof in te zetten in de landbouw en zo de kringloop te sluiten. De Nederlandse normwaarden voor koper en zink worden in elke slibstroom overschreden en het is niet de verwachting dat het mogelijk is om deze gehalten omlaag te brengen. Daarnaast zijn er nog diverse andere verontreinigingen die milieurisico's vormen bij toepassing van slib in de landbouw. Om deze reden is besloten om niet verder te gaan met fase 2 van dit project.

Het doel dat de Waterschappen zich hebben gesteld om in 2050 100% circulair te zijn blijft wel staan. Er zijn aanbevelingen gedaan voor mogelijke vervolgactiviteiten, dit zijn:

- Onderbouwen van een versoepeling van de Nederlandse normen voor zware metalen in slib
- Verder onderzoek naar herkomst van probleemstoffen met het oog op maatregelen om de slibkwaliteit te verhogen
- Slibbehandeling voor reductie van verontreinigingen
- Alternatieve toepassingen waar problemen rondom verontreinigingen niet spelen, zoals toepassing bij gewassen die niet geconsumeerd worden.
- Bioraffinage tot verschillende producten
- Mogelijke afzet naar het buitenland waar dit wel binnen de normen past, waarbij de principiële vraag gesteld zou moeten worden of dat wenselijk is.
- Verder wordt aanbevolen om te kijken naar mogelijkheden voor verbetering van de kwaliteit van de slibdata in Z-info.

STOWA IN HET KORT

HOE WE WERKEN

STOWA is het kennis- en innovatiecentrum voor regionale waterbeheerders in Nederland; de waterschappen en provincies. We helpen ze met het verkrijgen van nieuwe kennis en inzichten die nodig zijn om de opgaven van de regionale waterbeheerders beter te kunnen uitvoeren. Dat doen we door kennisvragen te formuleren en te selecteren in programmacommissies. We zetten ons onderzoek uit bij een keur aan experts, adviesbureaus, instituten en universiteiten, die we begeleiden tijdens hun werk. We zorgen voor de beschikbaarstelling en verspreiding van de kennis, inzichten en antwoorden aan de gezamenlijke waterbeheerders. We stimuleren de uitwisseling van kennis en ervaringen, via bijeenkomsten, werkgroepen, excursies, conferenties en communities of practice. We werken samen met onder andere ministeries, Rijkswaterstaat, gemeenten, drinkwaterbedrijven.

WAT WE ONDERZOEKEN

Inhoudelijk richt STOWA zich op alle onderdelen van waterbeheer, van waterkering en stedelijk waterbeheer tot waterzuivering en watersystemen. Belangrijke thema's daarbij zijn klimaatadaptatie, waterveiligheid, waterkwaliteit en ecologie, energietransitie en circulaire economie.

De kennisvragen die STOWA beantwoordt liggen meestal op technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied. Onze kennis is altijd gericht op de praktijk van regionale waterbeheerders. Dat is waar we voor staan, als Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.

WIE WE ZIJN

STOWA is als kennisorganisatie onafhankelijk, onpartijdig en transparant. De afnemers van onze kennis moeten erop kunnen vertrouwen dat de inhoud van onze rapporten objectief en representatief is. Alleen zo kan onze kennis worden ingezet voor beter waterbeheer en innovaties die antwoord geven op de uitdagingen van vandaag en morgen. Het is aan regionale waterbeheerders zelf te bepalen hoe ze de kennis van STOWA in de praktijk gebruiken. STOWA kan daarbij een rol spelen als adviseur, maar is geen uitvoerder of regisseur.

STOWA is een stichting die de richtlijnen volgt voor organisaties zonder winstoogmerk (RJ-640). In ons jaarverslag is daarom naast de cijfermatige jaarrekening onder meer ook een directieverslag over de stichting, haar activiteiten en kentallen opgenomen.

VERKENNING CIRCULAIRE SLIBKETEN 2050

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Wet- en regelgeving	2
1.2.1	Nederlandse meststoffenwetgeving	2
1.2.2	Europese wetgeving voor meststoffen en zuiveringsslib	4
1.2.3	Toetsingswaarden voor verontreinigingen	5
1.3	Onderzoeksvragen, afbakening en gevolgde aanpak	7
1.3.1	Uitwerking onderzoeksvragen	7
1.3.2	Aanpak	8
2	HUIDIGE HOEVEELHEDEN EN AFZET COMMUNAAL ZUIVERINGSSLIB	9
2.1	Hoeveelheden en samenstelling afgevoerd zuiveringsslib	9
2.2	Huidige verwerkingsroutes	10
2.3	Huidig gebruik van slib in de Nederlandse landbouw	10
2.4	Hoeveelheid slib die potentieel zou kunnen worden afgezet in de landbouw	12
3	SLIBKWALITEIT - WAARDEGEVENDE BESTANDDELEN EN MOGELIJKE VERONTREINIGINGEN	14
3.1	Slibsoorten	14
3.2	Nutriënten en organische stof	16
3.3	Zware metalen, Nederlandse normen voor zuiveringsslib	17
3.4	Zware metalen, alternatieve normen	18
3.4.1	Nederlandse normen voor andere meststoffen	18
3.4.2	Toetsing aan Europese zuiveringsslibnormen	20
3.5	Koper en zink in zuiveringsslib	20
3.5.1	Herkomst koper en zink	20
3.5.2	Hoeveelheid in zwartwater en vergelijking met dierlijke mest	21
3.6	Overige verontreinigingen, waaronder niet genormeerde risico's	22
3.6.1	PFAS	23
3.6.2	Micro- en nanoplastics en andere nanodeeltjes	23
3.6.3	Antibioticaresistentie	24

4	TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN DIE INVLOED KUNNEN HEBBEN OP DE SLIBKWALITEIT	25
4.1	Algemene ontwikkelingen	25
4.2	Technologische ontwikkelingen op de zuivering	26
5	CONCLUSIE: POTENTIE VOOR SLIBGEBRUIK IN DE LANDBOUW	29
6	AANBEVELINGEN EN IDEEËN VOOR VERVOLGONDERZOEK	31
7	REFERENTIES	34
BIJLAGE 1	TRENDGRAFIEKEN ZWARE METALEN MET UITBIJTERS	37
BIJLAGE 2	BEREKENING VAN HET AANDEEL CU EN ZN IN SLIB AFKOMSTIG VAN DE BEHANDELING VAN TOILETAFVALWATER	41

1

INLEIDING

1.1 ACHTERGROND

De Waterschappen hebben de ambitie om in 2050 volledig circulair te zijn, inclusief een circulaire slibketen. Het Nederlandse communale zuiveringsslib wordt nu nog vrijwel volledig verbrand, waarna de hierbij ontstane assen zoveel mogelijk nuttig worden toegepast als bouw materiaal. Hoewel deze daarmee een bestemming hebben, is niet echt sprake van circulariteit. Een circulaire slibketen kan wel worden verkregen wanneer zuiveringsslib kan worden afgezet als meststof of bodemverbeteraar. In Nederland is deze vorm van slibafzet echter vrijwel nooit mogelijk, omdat de slibsamenstelling niet voldoet aan de wettelijke eisen.

In meerdere landen, waaronder Spanje, Ierland en Scandinavische landen, wordt een groot deel van het zuiveringsslib wel toegepast in de landbouw. LeAF en WU-ETE zijn door STOWA gevraagd om te onderzoeken hoe slib van communale zuiveringen in de toekomst als meststof/bodemverbeteraar in Nederland kan worden afgezet.

De overkoepelende onderzoeksvraag van het Landelijk Technologen Platform (LTP) van de STOWA was:

“Hoe kan slib van communale zuiveringen in de periode 2025 – 2035 – 2050 worden afgezet als meststof/bodemverbeteraar in Nederland?”

Het project is opgedeeld in 2 fases; fase 1 is bedoeld om een eerste indruk te krijgen van het perspectief voor slibafzet in de landbouw in Nederland. Fase 2 is bedoeld voor verdere verdieping.

Deze onderzoeksvraag is opgesplitst in de volgende deelvragen die in twee projectfasen (zouden) worden behandeld:

Projectfase 1

1. Wat is de huidige slibkwantiteit en -kwaliteit?
2. Welke vraag naar slib als meststof/bodemverbeteraar is er mogelijk te verwachten?

Projectfase 2

1. Is een kwaliteitsverbetering nodig om afzet als meststof/bodemverbeteraar mogelijk te maken?
2. Welke rol spelen niet-technische aspecten zoals de legale status van zuiveringsslib en sociale acceptatie van het gebruik van slib als meststof/bodemverbeteraar?
3. Backcasting

Dit rapport bevat de resultaten van fase 1 van het onderzoek. De volgende onderwerpen komen in deze rapportage aan bod:

- Wet- en regelgeving in Nederland en Europa omtrent gebruik van zuiveringsslib in de landbouw (§1.2). Gedurende het project kwam al in een vroeg stadium naar voren dat de huidige wet- en regelgeving voor toepassing van slib een belangrijke rol spelen bij de mogelijkheden voor toepassing van slib in de landbouw. Om deze reden wordt dit onderwerp (onderdeel van deelvraag 4) eerst behandeld.
- Uitwerking van de hierboven genoemde onderzoeksvragen (§1.3), evenals de verder gevolgde aanpak. De uitwerking hiervan was deels gebaseerd op de knelpunten die vanuit de wet- en regelgeving, naar voren kwamen.
- Wat is de huidige productie, de gemiddelde samenstelling en wat zijn de huidige verwerkingsroutes van zuiveringsslib in Nederland?
- Wat is de landbouwkundige waarde van zuiveringsslib, en wat is het huidige en historische gebruik van slib in de landbouw (hoofdstuk 2)?
- De samenstelling van verschillende slibsoorten, met name qua waardegevende bestanddelen en mogelijke vervuiling (hoofdstuk 3).
- Toekomstige ontwikkelingen die invloed (kunnen) hebben op de samenstelling van het zuiveringsslib (hoofdstuk 4).
- Conclusie van de potentie voor gebruik van slib in de landbouw (hoofdstuk 5).
- Ideeën voor vervolgonderzoek (hoofdstuk 6).

1.2 WET- EN REGELGEVING

Wet- en regelgeving rond meststoffen is in Nederland vastgelegd in de Meststoffenwet, en de bijbehorende besluiten en regelingen waarin deze wet in meer detail is uitgewerkt. Parallel aan de Nederlandse mestwetgeving is er de Europese meststoffenverordening (EU) 2019/1009. In de wetteksten zijn generieke en specifieke regels vastgelegd over de herkomst en de kwaliteit van meststoffen, maar ook over de productie, de handel, het transport en het gebruik.

1.2.1 NEDERLANDSE MESTSTOFFENWETGEVING

Binnen het Nederlandse mestbeleid mogen afvalstoffen, waaronder afvalwater en stoffen daaruit, in principe niet als meststof worden gebruikt. Voor zuiveringsslib en herwonnen fosfaten wordt hierop een uitzondering gemaakt, mits aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan. Zie artikel 5 van het Uitvoeringsbesluit meststoffenwet (*citaat*):

1. *Meststoffen, met uitzondering van zuiveringsslib, compost en herwonnen fosfaten, zijn niet geheel of gedeeltelijk geproduceerd uit afvalstoffen of uit reststoffen, tenzij het betreft de krachtens het tweede lid aangewezen stoffen.*
2. *Bij ministeriële regeling kunnen afvalstoffen of reststoffen, categorieën afvalstoffen of reststoffen of eindproducten van bij die regeling omschreven bewerkingsprocédés worden aangewezen, indien er naar het oordeel van Onze Minister geen landbouwkundige en milieukundige bezwaren bestaan dat deze stoffen als meststof worden verhandeld of bij de productie van meststoffen worden gebruikt.*
3. *Meststoffen zijn niet met afvalstoffen of reststoffen gemengd, tenzij het betreft de krachtens het tweede lid, aangewezen stoffen.*

Het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet geeft definities van verschillende meststoffen, waaronder zuiveringsslib. Uit de definitie blijkt dat er in de context van de meststoffenwet geen onderscheid wordt gemaakt tussen soorten slib (artikel 1, lid e):

1°. slib, dat afkomstig is van een installatie voor de zuivering van huishoudelijk, stedelijk of industrieel afvalwater dan wel ander afvalwater van soortgelijke samenstelling als huishoudelijk, stedelijk en industrieel afvalwater; of

2°. slib, dat afkomstig is van septic tanks en andere installaties voor de verzameling, afvoer en behandeling van afvalwater met uitzondering van vet- en zandvangers;

Het Uitvoeringsbesluit geeft verder ook toepassingsregels, met voor dit project als meest relevant de eisen aan de kwaliteit van zuiveringsslib (artikel 16):

- *Zuiveringsslib is behandeld langs biologische, chemische of thermische weg, door langdurige opslag of volgens enig ander geschikt procédé, dat tot gevolg heeft dat het grootste deel van de in het zuiveringsslib aanwezige pathogene organismen afsterft.*
- *Zuiveringsslib bevat ten minste vijftig gewichtsprocenten organische stof van de droge stof of heeft een neutraliserende waarde van 25 op basis van de droge stof.*
- *Zuiveringsslib overschrijdt niet de in bijlage II, onder tabel 2, bij dit besluit opgenomen maximale waarden voor zware metalen, uitgedrukt in milligrammen per kilogram droge stof.*

Tabel 11 in §1.2.3 geeft de in het Uitvoeringsbesluit genoemde toetsingswaarden voor de gehalten zware metalen in het slib.

De Uitvoeringsregeling meststoffenwet bevat o.a. regels over het vervoer, bemonstering en administratie. Ook schrijft het voor dat zuiveringsslib alleen met ander zuiveringsslib gemengd mag worden en niet met andere meststoffen.

Onder de Omgevingswet is het op of in de bodem brengen van meststoffen aangewezen als milieubelastende activiteit, zie artikel 3.48a van het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal). Veel van de praktische regels voor het gebruik van meststoffen zijn geïntegreerd in het Bal, de specifieke regels voor zuiveringsslib staan in §4.117. Zuiveringsslib mag bijvoorbeeld alleen gebruikt worden op landbouwgrond, niet op natuurgronden, primaire waterkeringen of overige grond (bijvoorbeeld sportvelden, plantsoenen, campings en volkstuinen). Het Bal geeft ook voorwaarden voor het gebruik van slib op landbouwgrond, bijvoorbeeld binnen welke periodes slib mag worden uitgereden, en welke beperkende omstandigheden er zijn.

Het Besluit kwaliteit leefomgeving bevat ook regels voor het gebruik van zuiveringsslib. Het op of in de bodem brengen van zuiveringsslib is aangewezen als een milieubelastende activiteit met de verplichting om voorschriften te verbinden aan de omgevingsvergunning. In artikel 8.70c worden bijvoorbeeld toetsingswaarden gegeven voor de gehalten zware metalen die een bodem mag bevatten, om zuiveringsslib er op te mogen gebruiken. Artikel 8.70e geeft de maximale hoeveelheden zuiveringsslib die gebruikt mogen worden, in ton ds/ha.jaar: voor vloeibaar en steekvast slib zijn de hoeveelheden respectievelijk 2 en 4 ton op bouwland en 1 en 2 ton ds/ha.jaar op grasland.

Voor de toepassing van meststoffen gelden zogenaamde gebruiksnormen, deze zijn er voor stikstof en voor fosfaat. De stikstofgebruiksnorm wordt bepaald aan de hand van de norm die bij het gewas en de grondsoort hoort. De fosfaatgebruiksnorm bedraagt in principe 75 kg/ha voor grasland en 40 kg/ha voor bouwland, maar bij ministeriële regeling kunnen er hogere normen gelden (zie artikel 11 van de Meststoffenwet).

RVO is de uitvoeringsorganisatie van de overheid m.b.t. het mestbeleid. Op de RVO website over mest zijn de regels voor de omgang met meststoffen, waaronder zuiveringsslib, toegankelijk gemaakt.

1.2.2 EUROPESE WETGEVING VOOR MESTSTOFFEN EN ZUIVERINGSSLIB

In Nederland hebben we naast het Nederlandse wettelijke kader ook te maken met Europese regels. Op hoofdniveau zijn er kaderrichtlijnen (EU Framework Directives) en richtlijnen (EU Directives) waarin de doelen zijn vastgelegd die men als EU wil bereiken. De verantwoordelijke overheden “vertalen” de richtlijnen en de daarin gestelde deadlines naar concrete regels in nationale wetgeving. Verordeningen (EU Regulations) zijn daarentegen rechtstreeks toepasbaar en bindend in alle lidstaten. Lidstaten nemen in de nationale wetgeving op hoe de verordening in de praktijk wordt geïmplementeerd.

De Europese meststoffenverordening (EU) 2019/1009, beter bekend onder de Engelse afkorting FPR (*Fertilising products regulation*), bevat voorschriften voor o.a. de herkomst en samenstelling van EU-bemestingsproducten, die met een CE-markering op de markt gebracht mogen worden. Er worden bestanddelen categorieën en productfunctiecategorieën beschreven: CMC's (component material categories) en PFC's (product function categories). Voor elke CMC en PFC worden verschillende eisen gesteld. Het is niet voldoende om aan de eisen m.b.t. een CMC te voldoen, alleen als aan alle eisen voor een PFC wordt voldaan kan een CE-markering worden aangevraagd. Naast 'technische' eisen aan productieprocessen en de kwaliteit van bestanddelen en meststoffen betreft dit ook bijvoorbeeld het gebruik van partijnummers of andere productidentificatie, en de juiste etikettering. Zuiveringsslib wordt bij alle CMC-categorieën uitgesloten als bronmateriaal, behalve bij neergeslagen fosfaat-zouten (CM 12), thermische-oxidatiematerialen (CMC 13, bijv. verbrandingsassen) en teruggewonnen zeer zuivere materialen (CMC15, bijv. via N-strippen verkregen ammoniumsulfaat). Op het moment van publicatie van dit rapport is nog niet duidelijk hoe de nieuwste EU-meststoffenverordening precies in de Nederlandse meststoffenwetgeving geïntegreerd gaat worden. Vooralsnog blijven beiden naast elkaar bestaan.

De Europese zuiveringsslibrichtlijn (86/278/EEC) bevat regelgeving op Europees niveau op het gebied van gebruik van zuiveringsslib in de landbouw, vergelijkbaar met de Nederlandse meststoffenwetgeving. De Europese normen voor zware metalen zijn soepeler. Het staat lidstaten volgens de verordening overigens vrij om zelf strengere normen in te stellen. De Europese toetsingswaarden voor zware metalen voor het gebruik van zuiveringsslib zijn opgenomen in Tabel 11 ter vergelijking met de Nederlandse normen.

Volgens EU-richtlijn 86/278/EEG is het verboden om slib toe te passen:

- Op weidegrond begraasd door dieren, of velden waar voedergewassen worden gekweekt, minder dan 3 weken voor de oogst.
- Op groente en fruit tijdens de groeiperiode (geldt niet voor fruitbomen)
- Op bodems waarbij groente en fruit rechtstreeks in contact staan met de bodem en direct rauw worden geconsumeerd vanaf 10 maanden voor de oogst en tijdens de oogst)

De Richtlijn Zuiveringsslib is recent geëvalueerd, met de conclusie dat deze nog zeker relevant is. Wel wordt aangegeven dat de inhoud op verschillende punten niet meer actueel is en opnieuw bekeken zou moeten worden. Bijvoorbeeld m.b.t. de in de richtlijn wel en niet opgenomen verontreinigingen en daaraan gerelateerde normen (Europese Commissie 2023).

1.2.3 TOETSINGSWAARDEN VOOR VERONTREINIGINGEN

ZWARE METALEN

Tabel 1.1 bevat een samenvatting van de toetsingswaarden voor zuiveringsslib en de bodem waarop het wordt toegepast.

TABEL 1.1 TOETSINGSWAARDEN VOOR HET GEBRUIK VAN ZUIVERINGSSLIB IN DE LANDBOUW. MAXIMALE WAARDES IN MG/KG DS (DROGE STOF), VOOR DE GEHALTES IN HET TE GEBRUIKEN SLIB EN DE GEHALTES IN DE BODEM WAAR MEN SLIB WIL TOEPASSEN

Stofnaam en afkorting	Normwaarden gehalten in zuiveringsslib		Toetsingswaarden voor de bodem	
	Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet	Europese richtlijn 86/278/EEC	Besluit kwaliteit leefomgeving*	Europese richtlijn 86/278/EEC
Cadmium (Cd)	1,25	20 à 40	0,4 + 0,007 (L + 3H)	1 à 3
Chroom (Cr)	75	-	50 + 2 L	-
Koper (Cu)	75	1 000 à 1 750	15 + 0,6 (L + H)	50 à 140
Kwik (Hg)	0,75	16 à 25	0,2 + 0,0017 (2 L + H)	1 à 1,5
Nikkel (Ni)	30	300 à 400	10 + L	30 à 75
Lood (Pb)	100	750 à 1 200	50 + L + H	50 à 300
Zink (Zn)	300	2 500 à 4 000	50 + 1,5 (2 L + H)	150 à 300
Arseen (As)	15	-	15 + 0,4 (L + H)	-

*L=% Lutum, H=% organische stof. Met deze percentages wordt gerekend volgens de opgegeven formules. Bijvoorbeeld voor Cd: Toetsingswaarde = 0,4 + 0,007 x (L + 3xH).

De Nederlandse eisen zijn duidelijk strenger dan die van de EU Richtlijn. De Richtlijn geeft de vrijheid aan lidstaten om eigen (strengere) normen vast te stellen, en veel landen hebben dit gedaan. Uit een overzicht van normen die in verschillende Europese landen gehanteerd worden (opgenomen in Stowa-rapportage 2019-11) blijkt dat Nederland van die landen de strengste normen hanteert (Laan 2019).

Bijlage Aa van de Uitvoeringsregeling meststoffenwet bevat een lijst met specifieke aangegeven reststoffen die als meststof mogen worden verhandeld. Deze stoffen zijn beoordeeld volgens het 'Protocol beoordeling stoffen Meststoffenwet (Commissie Deskundigen Meststoffenwet 2016) om te bepalen of er landbouwkundige of milieukundige bezwaren zijn om een stof als meststof of bij de productie van meststoffen te gebruiken. Tijdens deze beoordeling wordt ook gekeken naar het gehalte zware metalen, volgens de normen gegeven in tabel 1 van Bijlage II van het Uitvoeringsbesluit meststoffenwet. Dit zijn andere normen dan die voor zuiveringsslib, ze worden uitgedrukt per waardegevend bestanddeel in plaats van per kg droge stof. In Tabel 1.2 zijn deze normwaarden overgenomen.

TABEL 1.2 NORMWAARDEN VOOR ZWARE METALEN, MAXIMALE WAARDE IN MG METAAL PER KG VAN HET DESBETREFFENDE WAARDEGEVENDE BESTANDEEL (BIJLAGE II UITVOERINGSBESLUIT MESTSTOFFENWET)

	fosfaat	stikstof	kali	neutraliserende waarde	organische stof
Cd	31,3	25	16,7	6,3	0,8
Cr	1875	1500	1000	375	50
Cu	1875	1500	1000	375	50
Hg	18,8	15	10	3,8	0,5
Ni	750	600	400	150	20
Pb	2500	2000	1333	500	67
Zn	7500	6000	4000	1500	200
As	375	300	200	75	10

Naast de beoordeling van stoffen voor opname in Bijlage Aa zijn deze normen ook van toepassing voor overige anorganische meststoffen die hoofdzakelijk zijn bedoeld om primaire nutriënten te leveren, overige organische meststoffen, kalkmeststoffen en herwonnen fosfaten. Er zijn geen normen voor zware metalen in dierlijke mest.

PFAS

PFAS staan sterk in de belangstelling, hier zijn echter nog geen normen voor. Deze zijn wel in ontwikkeling, door de European Chemicals Agency is inmiddels een voorstel hiervoor gedaan dat naar verwachting in 2025 van kracht zal worden (Eurofins. 2023). Deze normen houden in:

- Maximaal 50 mg/kg voor totaal PFAS'en, inclusief polymere PFAS-vormen. Als het totale fluorgehalte hoger is dan 50 mg F/kg verstrekt de fabrikant, importeur of gebruiker aan het bevoegd gezag op verzoek bewijs welk deel van het gemeten fluorgehalte al dan niet van PFAS afkomstig is.
- Maximaal 250 µg/kg voor som individuele PFAS, exclusief polymeren
- Maximaal 25 µg/kg voor elke individuele PFAS, exclusief polymeren

ANDERE ORGANISCHE MICROVERONTREINIGINGEN

Volgens de revisie van de EU-richtlijn Stedelijk Afvalwater moet elke rwzi groter dan 100.000 i.e. worden voorzien van een aanvullende zuivering voor organische microverontreinigingen met een overall rwzi-rendement van 80% voor een groep gidsstoffen per 31 december 2035. Het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet bevat een tabel met normwaarden voor organische verontreinigingen, deze zijn net als de normen voor zware metalen in Tabel 1.2 niet van toepassing op slib maar wel voor andere meststoffen.

MICROPLASTICS

Er zijn nog geen normen (zowel nationaal als internationaal) voor microplastics. Wel heeft dit thema veel aandacht, en de methoden om microplastics te kunnen meten zijn volop in ontwikkeling. Stowa-onderzoek uit 2021 naar microplastics op de rwzi geeft aan dat het meeste via de slibfractie uit het water verwijderd wordt, met name in de voorbezinking, maar ook dat de meetmethoden verbeterd moeten worden om echt goed onderzoek te kunnen doen (Egmond et al. 2021). Dit is nog steeds een algemeen probleem: in 2024 heeft het EU Joint Research Centre een rapport over het meten van microplastics in drinkwater gepubliceerd, en de conclusie was dat geen van de geëvalueerde methodes helemaal geschikt was. De EU heeft restricties gelegd op het opzettelijk gebruik van microplastics in producten, dus de EU zet in op preventie. Het is onbekend of er voorbereidingen zijn voor normen in bijvoorbeeld rwzi-effluënten, compost of slib. In de nieuwe EU Richtlijn inzake de behandeling van stedelijk afvalwater wordt alleen gesproken over het monitoren van microplastics in effluënten maar er worden geen normen gegeven.

OVERIGE VERONTREINIGINGEN

Er zijn geen normen voor andere dan de al genoemde verontreinigingen gevonden. Ook voor antibioticaresistentie zijn geen normen gedefinieerd.

1.3 ONDERZOEKSVRAGEN, AFBAKENING EN GEVOLGDE AANPAK

1.3.1 UITWERKING ONDERZOEKSVRAGEN

In de aanloop naar dit project is de hoofdonderzoeksvraag opgesplitst in een aantal deelvragen:

FASE 1:

1. Wat is de huidige slibkwantiteit en -kwaliteit?
 - Wat is van verschillende slibsoorten de huidige hoeveelheid en samenstelling? (P, N, organische en anorganische microverontreinigingen)
 - Wat zou het effect kunnen zijn van maatregelen bij de bron (b.v. PFAS)
 - Wat zijn probleem eigenschappen van slib die gebruik als meststof/bodemverbeteraar in de weg staan?

2. Welke vraag naar slib als meststof/bodemverbeteraar is er mogelijk te verwachten?
 - Wat zijn inherente voordelen van gebruik van slib ten opzichte van mest en kunstmatige meststoffen (samenstelling, beschikbaarheid, energie), aangenomen dat verontreinigingen het gebruik niet belemmeren?
 - Welke sectoren zouden slib eventueel kunnen gaan toepassen? (b.v. akkerbouw, tuinbouw, energiegewassen, groenvoorziening, bomenteelt...)
 - Welke doseerniveaus per hectare zijn er mogelijk voor elke sector?
 - Wat zijn de achtergrondniveaus van de onder 1. geïdentificeerde probleem aspecten in de ontvangende bodem?

FASE 2:

3. Is een kwaliteitsverbetering nodig om afzet als meststof/bodemverbeteraar mogelijk te maken?
 - Zo ja, welke kwaliteitsverbetering is noodzakelijk?
 - Welke stoffen of eigenschappen dienen er verwijderd/aangepast te worden, en op welke plaats in de keten is dat mogelijk?
 - Welke (anders dan hierboven geïdentificeerde) behandelingsstappen zijn er nodig om slib geschikt te maken (verder drogen/pelletiseren/anders)?

4. Welke rol spelen niet-technische aspecten zoals de legale status van zuiveringsslib en sociale acceptatie van het gebruik van slib als meststof/bodemverbeteraar?

5. Backcasting:
 - Wat zou de ideale toekomstige situatie zijn met betrekking tot het gebruik van zuiveringsslib als meststof/bodemverbeteraar?
 - Toekomstprognose voor kwaliteit en kwantiteit:
 - Nereda en andere nieuwe technologieën
 - Waterfabriek
 - Effect van toevoegen van huishoudelijke en/of zakelijke etensresten (na vermaling) aan huishoudelijk afvalwater
 - Andere
 - Effect ontwikkelingen dierlijke mestsector
 - Wat zijn de technische ontwikkelingen m.b.t. slibverwerking en welke invloed hebben deze op de kansen voor toepassing van slib als meststof/bodemverbeteraar?
 - Welke stappen zijn er nodig om deze situatie te bereiken?

Het beantwoorden van deelvragen 3, 4 en 5 is in het kader van de hoofdonderzoeksvraag vooral relevant als de uitkomsten van deelvragen 1 en 2 voldoende perspectief bieden voor circulaire slibtoepassing. Daarom heeft Stowa-LTP bij de start van het onderzoek ervoor gekozen om het werk op te splitsen in twee delen: een eerste fase waarin deelvragen 1 en 2 zoveel mogelijk worden beantwoord, en een tweede fase waarin de overige drie vragen aan bod zullen komen. Eventuele kennishiaten uit de eerste fase zouden dan in de tweede fase opgepakt en verder uitgewerkt worden.

1.3.2 AANPAK

Een grote dataset (ruim 8 miljoen rijen) van beschikbare slibdata uit Z-info uit de periode 2017-2023 is door Stowa beschikbaar gesteld aan het projectteam. De dataset bevatte de slibdata van alle waterschappen, met uitzondering van Wetterskip Fryslân (hiervan zijn apart data beschikbaar gesteld door het Wetterskip). Verder waren er van waterschap Hunze en Aa's enkel data over de slibhoeveelheden en geen analysegegevens beschikbaar. De dataset is geanalyseerd met behulp van het programma Microsoft Power BI. Daarnaast is gebruikgemaakt van literatuuronderzoek naar onder andere PFAS en microplastics. Hierbij is gekeken naar diverse aspecten van deelvraag 1:

- Zijn er slibstromen te vinden die voldoen aan de huidige Nederlandse normwaarden voor gebruik van zuiveringsslib als meststof? Zo ja, in welke gebieden/welke rwzi's?
- In hoeverre wordt er voldaan aan andere normwaarden (bv. PFAS) voor gebruik van zuiveringsslib?

Naar aanleiding van de uitkomsten van de analyse zijn de slibdata getoetst aan de huidige normen voor zware metalen in zuiveringsslib uit de Nederlandse meststoffenwetgeving, en aan de Europese normen voor zware metalen, en er is aanvullend gekeken naar de herkomst van probleemstoffen koper en zink in zuiveringsslib.

Voor het beantwoorden van deelvraag 2 is de potentiële afzet van zuiveringsslib in de Nederlandse landbouw bepaald. Hiervoor is gebruik gemaakt van CBS-data over de jaarlijks gebruikte hoeveelheid N en P in kunstmest. Vervolgens is theoretisch berekend wat de hoeveelheid zuiveringsslib is die deze kunstmest kan vervangen. Verder is een kwalitatieve vergelijking gemaakt tussen verschillende (organische) meststromen van de hoeveelheid micronutriënten die het bevat.

Verder is gekeken naar recente en toekomstige ontwikkelingen op de rwzi en in de slibverwerking die invloed zullen hebben op de toekomstige slibkwaliteit.

Tijdens de besprekingen met de begeleidingscommissie kwamen verschillende aspecten naar voren die onderwerp zouden kunnen zijn van een eventueel vervolgonderzoek. Deze punten zijn geïnventariseerd en opgenomen in Hoofdstuk 6 van deze rapportage.

2

HUIDIGE HOEVEELHEDEN EN AFZET COMMUNAAL ZUIVERINGSSLIB

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoeveel communaal zuiveringsslib op dit moment globaal in Nederland wordt geproduceerd, hoe dit wordt verwerkt en wat de gemiddelde samenstelling is. De data hiervan zijn hoofdzakelijk afkomstig van het CBS en worden meer in detail besproken in de rapportage van WP4 van het project “Micronutriënten in de kringloop” (van Eekert en Bisschops 2023).

2.1 HOEVEELHEDEN EN SAMENSTELLING AFGEVOERD ZUIVERINGSSLIB

Zuiveringsslib kan afkomstig zijn van communale rwzi's, die voornamelijk huishoudelijk afvalwater behandelen, of van industriële waterzuiveringen waar alleen bedrijfsafvalwater wordt behandeld. Binnen dit project is enkel gekeken naar communaal zuiveringsslib.

In Tabel 2.1 zijn de vrachten en concentraties droge en organische stof, nutriënten (N en P) en de zware metalen gegeven. Deze gegevens betreffen de hoeveelheden bij afvoer naar de eindbestemming en dus ná eventuele vergisting en ontwatering (zie volgende paragraaf voor toelichting hierop). De gegevens zijn uit de CBS Statline database gehaald; deze data zijn gebaseerd op metingen van alle rwzi's in Nederland in 2022 (dit waren de meest recente beschikbare data).

TABEL 2.1 GEMIDDELDE VRACHTEN (KG/JAAR) AAN DROGE STOF, ORGANISCHE STOF, N, P EN ZWARE METALEN IN AFGEVOERD ZUIVERINGSSLIB EN CONCENTRATIES OP DS-BASIS. DATA AFKOMSTIG CBS STATLINE, WAARDEN VAN 2022 (CBS 2024)

Parameter	Vracht (kg/jaar)	Concentratie	Eenheid
Nat slib*	1.299.154.000		-
Droge stof	300.041.000		-
Organische stof	210.103.000	70%	% ds
N	17.755.000	59,2	g/kg ds
P	11.004.000	36,7	g/kg ds
Cd	280	0,933	mg/kg ds
Cr	11.795	39,3	mg/kg ds
Cu	109.077	364	mg/kg ds
Hg	134	0,447	mg/kg ds
Ni	7.670	25,6	mg/kg ds
Pb	23.100	77,0	mg/kg ds
Zn	298.603	995	mg/kg ds
As	3.006	10,0	mg/kg ds

* Benaming zoals gebruikt door het CBS. Steekvast slib is een meer gebruikelijke term binnen de waterschappen

Tabel 2.1 geeft de huidige gemiddelde slibsamenstelling weer, aan het eind van de slibketen, zonder onderscheid te maken tussen de verschillende soorten slib. De dataset uit Z-info bevat informatie over verschillende slibsoorten zoals deze op de verschillende rwzi's geproduceerd worden. Hoofdstuk 3 gaat in op het onderscheid in de kwaliteit van individuele slibsoorten.

2.2 HUIDIGE VERWERKINGSROUTES

In veruit de meeste gevallen wordt zuiveringsslib afkomstig van communale rwzi's uiteindelijk verbrand. In Tabel 2.2 zijn de hoeveelheden slib per eindbestemming te zien zoals geregistreerd staat in de Statline database van het CBS. Uit de toelichting bij de CBS-tabel¹ blijkt dat verwerking in de cementindustrie of in een elektriciteitscentrale in feite ook neerkomt op verbranding. Slibverbranding vindt in Nederland voor het grootste deel plaats bij Slibverwerking Noord-Brabant (SNB) en bij HVC. Tabel 2.2 geeft de recentste beschikbare cijfers voor de totaalhoeveelheden slib per verwerkingsmethode in 2022. In totaal werd 96,2% van al het Nederlandse communale zuiveringsslib uiteindelijk verbrand.

TABEL 2.2 VERWERKINGSMETHODES SLIB EN GEMIDDELDE HOEVEELHEDEN IN 2022 (CBS 2024)

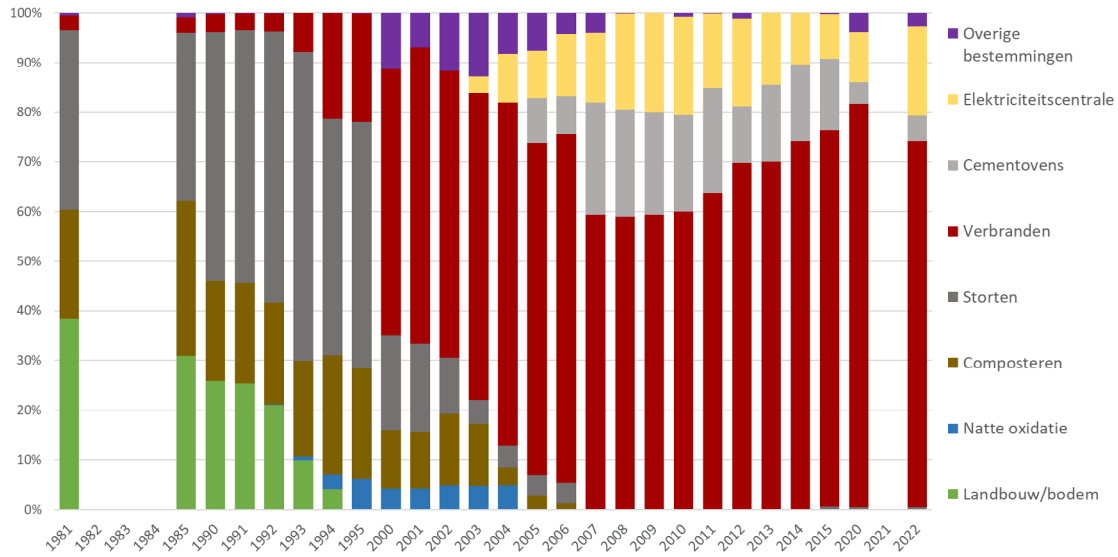
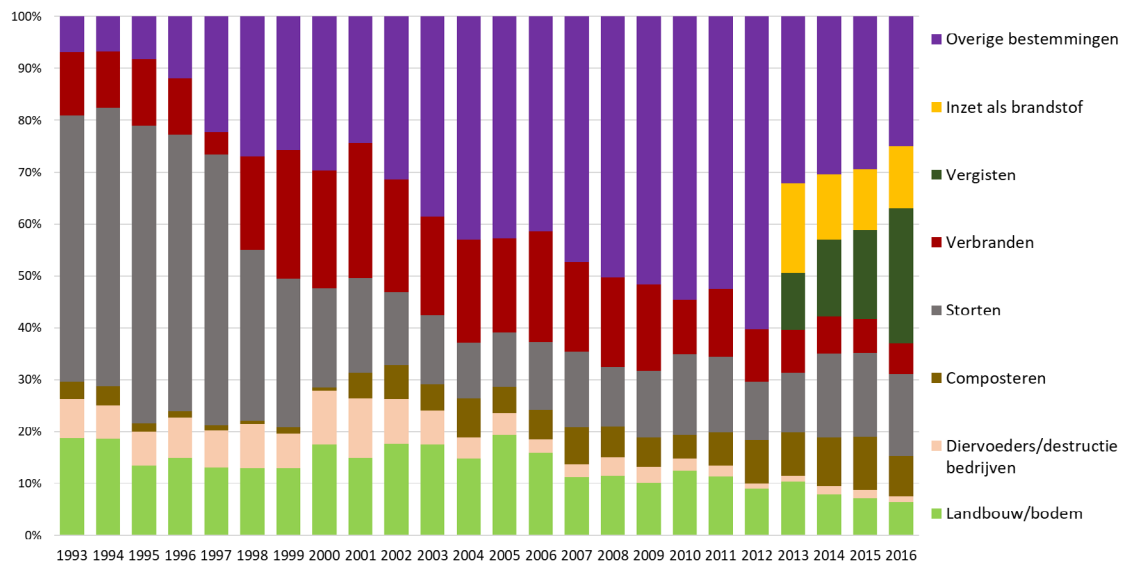
Verwerkingsmethode	Hoeveelheid verwerkt slib in 2022 (ton ds per jaar)	Percentage
Cementindustrie	14.559	4,8%
Elektriciteitscentrale	42.351	13,9%
Storten	1.487	0,49%
Verbranden	235.687	77,5%
Overige bestemmingen	10.118	3,3%
Totaal	304.202	100%

Steeds vaker wordt slib eerst op een rwzi vergist voordat het wordt verbrand: in 2021 betrof dit 86% van het zuiveringsslib (Unie van Waterschappen 2022). Vergisting heeft invloed op de concentraties van metalen in uitgestort slib: tijdens de vergisting wordt organisch materiaal omgezet, waardoor de totale hoeveelheid droge stof lager wordt. Metalenconcentraties, uitgedrukt op droge stofbasis, zijn daardoor hoger. Daarnaast kunnen tijdens het vergistingsproces elementen vrijkomen of juist neerslaan als vaste stof. Vrijgekomen elementen zullen met het rejectiewater teruggevoerd worden naar de waterlijn. Op een aantal locaties wordt uit het rejectiewater struviet teruggewonnen.

2.3 HUIDIG GEBRUIK VAN SLIB IN DE NEDERLANDSE LANDBOUW

In Nederland wordt momenteel geen slib meer afgezet in de landbouw (zie ook §2.2), waar dit tot 1995 nog wel gebeurde. In Figuur 2.1 staat de bestemming van zuiveringsslib in Nederland in de tijd van 1980-2022 weergegeven. Van enkele jaren waren geen data beschikbaar. In Figuur 2.2 staat ook de bestemming van industrieel slib in Nederland weergegeven, van 1993-2016. Recentere en eerdere data waren niet beschikbaar.

1 Toelichting bij CBS Statline tabel slibverwerking. Elektriciteitscentrale: zuiveringsslib dat gebruikt wordt om als secundaire brandstof mee te stoken in een elektriciteitscentrale / Cementindustrie: hierbij wordt gedroogd zuiveringsslib als vulmiddel voor cement gebruikt door het in een cementoven mee te stoken / Verbranden: hierbij wordt zuiveringsslib, afhankelijk van de kwaliteit, samen met huishoudelijk afval verbrand of wordt het in speciale slibverbrandingsinstallaties verwerkt / Storten: Afhankelijk van de kwaliteit wordt zuiveringsslib op regionale stortplaatsen of op speciale slibdeponiën gestort / Overige bestemmingen: te noemen zijn: toepassing in bouwmaterialen en wegenverharding, afvoer naar installaties waar bepaalde componenten worden teruggewonnen of hergebruikt als entslib (zuiveringsslib voor de opstart van andere zuiveringsinstallaties).

FIGUUR 2.1 BESTEMMING ZUIVERINGSSLIB VAN RWZI'S VAN 1980-2022 (CBS 2024).**FIGUUR 2.2 BESTEMMING INDUSTRIEL ZUIVERINGSSLIB 1993-2016 (CBS 2024) (VERBRANDEN EN VERGISTEN VIELEN VOOR 2013 ONDER 'OVERIGE')**

Uit Figuur 2.2 blijkt dat in de jaren '80 van de vorige eeuw zuiveringsslib nog vaak naar de landbouw ging. Vanaf begin jaren '90 wordt dit steeds minder en sinds 1995 gaat er geen slib meer naar de landbouw. Het aandeel slib dat direct verbrand wordt is in de jaren duidelijk toegenomen.

Opvallend is dat industrieel zuiveringsslib in elk geval tot en met 2016 (recentere gegevens ontbreken) wel deels naar de landbouw ging. Het is uit de beschikbare data niet duidelijk uit welke industrieën het slib afkomstig was. Gezien de lopende discussie omtrent de toepasbaarheid van slib uit bijvoorbeeld de voedingsindustrie voor de productie van landbouwgewassen die in diezelfde industrie worden verwerkt is dit wellicht een aandachtspunt voor vervolgonderzoek.

De oorzaak dat communaal zuiveringsslib in Nederland sinds 1995 niet meer in de landbouw wordt afgezet is het in werking treden van het toenmalige Besluit kwaliteit en gebruik

overige organische meststoffen (BOOM) met de bijbehorende normen voor zware metalen. Communaal zuiveringsslib kan en kan niet voldoen aan deze normen, die daarna ongewijzigd zijn overgenomen in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet. De grootste probleemstoffen hierbij zijn koper en zink; de gehalten overschrijden de normen aanzienlijk. Daarnaast heeft men te maken met een negatief imago door aanwezigheid van zware metalen, afspoeling van slib naar oppervlaktewater en de aanwezigheid van (andere) organische microverontreinigingen zoals geneesmiddelen, microplastics (Laan 2019) en PFAS.

2.4 HOEVEELHEID SLIB DIE POTENTIEEL ZOU KUNNEN WORDEN AFGEZET IN DE LANDBOUW

Zuiveringsslib kan worden afgezet in de landbouw als (Laan 2019):

- organische meststof, voor de macronutriënten (NPK) in het slib, of
- bodemverbeteraar, voor de organische stof en de micronutriënten.

Gezien de grote hoeveelheden dierlijke mest in Nederland is zuiveringsslib niet direct interessant vanwege de nutriënten die het bevat. Het vervangen van nutriënten die via kunstmest toegediend wordt zou relevant zijn, en het opbrengen van organische stof. Jaarlijks wordt in de landbouw als kunstmest 194 miljoen kg N en 5 miljoen kg P gebruikt (data 2022, (CBS 2024)). Bij vervanging van de kunstmest door zuiveringsslib zou dit *in theorie* (met de gemiddelde gehalten van circa 59 g N/kg ds en 37 g P/kg ds (Tabel 2.1) neerkomen op 3,3 miljoen ton ds slib op basis van N en 136.000 ton ds slib op basis van P. Als alleen de nutriëntengehalten in aanmerking worden genomen is de toepassing van P dus beperkend. Er wordt jaarlijks ongeveer 300.000 ton ds aan zuiveringsslib geproduceerd dus zou ongeveer 45% van de totale slibproductie kunnen worden afgezet in de landbouw, mits er ook voldaan wordt aan de eisen voor zware metalen (wat voor Cu en Zn niet het geval is) en ook de (andere) organische (micro)verontreinigingen geen belemmering vormen. Bij deze berekening is ook geen rekening gehouden met de “werkingscoëfficiënt” die voor P in zuiveringsslib kan variëren tussen 40 en 100% (de Haan 2013). Daarnaast geldt voor toepassing in de landbouw dat het slib in voldoende mate gehygiëniseerd moet worden.

Nederland heeft een nutriëntenoverschot en aangezien zuiveringsslib rijk is aan stikstof en fosfaat zal het dus alleen als organische meststof kunnen worden afgezet in Nederland maar moet hierbij wel concurreren met dierlijke mest. Bij terugwinning van P uit het slib, bijvoorbeeld op de rwzi, kan wel een situatie ontstaan dat P-arm zuiveringsslib als bodemverbeteraar wordt toegepast (Regelink et al. 2017) In de akkerbouw en bollenteelt is behoefte aan meststoffen met een hoog organische-stofgehalte en lage P. Zuiveringsslib zou na terugwinning van de P geschikt zijn (zie Tabel 2.3), maar in die sector gebruikt men ook veel GFT- en groencompost en deze is sinds 2023 voor 75% vrijgesteld van de gebruiksnorm om het gebruik van organische stofrijke meststoffen te stimuleren (RVO 2023).

Tabel 2.3 geeft, ter vergelijking, de samenstelling van communaal afgevoerd zuiveringsslib (dit is altijd ontwaterd, 86% van het zuiveringsslib is eerst ook nog vergist (Unie van Waterschappen 2022)) en van een aantal andere meststoffen. Het is duidelijk dat de gehalten zware metalen in slib relatief hoog zijn. Het koper- en zinkgehalte van varkensdrijfmest is vergelijkbaar. Een toegevoegde waarde van zuiveringsslib als bodemverbeteraar is de aanwezigheid van relatief hogere gehalten aan micronutriënten (zie Tabel 2.3). Hierbij geldt wel dat er nog onzekerheid bestaat ten aanzien van organische microverontreinigingen, nano- en microplastics en PFAS. Hier wordt in §3.6 verder op ingegaan.

TABEL 2.3 VERGELIJKING VAN DE KWALITEIT VAN ZUIVERINGSSLIB MET VERSCHILLENDE ANDERE MESTSTOFFEN (REFERENTIES STAAN VERMELD ONDER DE TABEL, PER MESTSTOF IS AANGEGEVEN WELKE REFERENTIES ZIJN GEBRUIKT)

	Zuiveringslib	Dierlijke mest		Compost		Bokashi
	Afgevoerd zuiveringslib gemiddeld	Drijfmest - Rundvee	Drijfmest - Vleesvarkens	GFT-compost	Groencompost	
Bron →	1, 2, 5	3, 4	3, 4	3, 5	3, 5	6
Parameter en eenheid ↓						
Droge stof (%)	23	9,2	10,7	70	60	37
Org. stof %*	16	7,1	7,9	24	18	45
N (g/kg)*	13,6	4,0	7,0	7,6	5,0	3,8
P ₂ O ₅ (g/kg)*	19,4	1,5	3,9	4,5	2,2	1,5
K ₂ O (g/kg)*	0,7	5,4	4,7	10	4,2	3,8
MgO (g/kg)*	3,8	1,2	1,5	2,3	1,8	1,4
B (mg/kg ds)	64,6	40,2	34,6	23	23	
Ca (g/kg ds)	25,6	3,4	3,7	17,6	17,6	
Co (mg/kg ds)	5,42	2,6	2,3	1,4	1,7	
Fe (g/kg ds)	34,3			7,3	7,3	
Mn (mg/kg ds)	299	142	248	298	298	
Mo (mg/kg ds)	10,1	5,8	5,7	2	2	
S (g/kg ds)	10,6	7,6	5,6	5,5	6,7	2,0
Se (mg/kg ds)		0,7	2,1			
As (mg/kg ds)	10,0	0,4	0,5	3,7	4,1	4,6
Cd (mg/kg ds)	0,93	0,2	0,3	0,4	0,4	0,36
Cr (mg/kg ds)	39,3	19	14	22	17	18
Cu (mg/kg ds)	364	112	325	36	21	17
Hg (mg/kg ds)	0,45			0,07	0,07	0,05
Ni (mg/kg ds)	25,6	14	13	10	9	10
Pb (mg/kg ds)	77,0	4,0	3,3	44	29	16
Zn (mg/kg ds)	995	184	992	169	102	102

Gebruikte bronnen: 1: Z-info data gebruikt voor dit project. 2: (CBS 2024). 3: (de Ruijter 2023). 4: (Deltares 2017). 5: (van Eekert en Bisschops 2023). 6: (Spijker et al. 2022).

*Bij zuiveringslib is het gebruikelijk om gehalten organische stof, N, P en K in g/kg per droge stof uit te drukken. Omdat het in andere meststoffen vaak wordt uitgedrukt in g N, P₂O₅ en K₂O per kg totaal product, is dit in deze tabel voor zuiveringslib ook op die manier uitgedrukt, om gemakkelijker te kunnen vergelijken.

3

SLIBKWALITEIT - WAARDEGEVENDE BESTANDDELEN EN MOGELIJKE VERONTREINIGINGEN

In dit hoofdstuk worden de slibkenmerken (soorten slib, concentraties waardegevende bestanddelen, kwaliteit) besproken van de verschillende soorten slib die vrijkomen op rwzi's. Hierbij wordt ingezoomd op de verschillen in kenmerken van de verschillende slibsoorten. Voor dit hoofdstuk is gebruikgemaakt van een grote hoeveelheid slibdata uit Z-info (de zuiveringsdatabase waarin de data van bijna alle waterschappen zijn opgeslagen). Vanuit de STOWA is een export beschikbaar gesteld van de slibdata van de periode van 2017-2023 die hierin te vinden waren. Dit betrof ruim 8 miljoen rijen aan data. Deze zijn geanalyseerd met behulp van het programma Microsoft Power BI. Hierbij is ingezoomd op de waardegevende bestanddelen en de verontreinigingen, met name zware metalen.

3.1 SLIBSOORTEN

Er zijn verschillende slibsoorten op een rwzi, de slibsoorten direct afkomstig van het zuiveringsproces zijn:

- Primair slib, afkomstig uit een voorbezinktank
- Secundair slib, afkomstig van het actief-slibproces
- Chemisch slib, afkomstig van chemische verwijdering van fosfaat.

Slib kan vervolgens verwerkt worden. Meestal vindt eerst indikking en daarna vergisting plaats. Verder vindt nog ontwatering plaats, wat soms gebeurt vóór vergisting (als slib op een andere rwzi wordt vergist en voor transport wordt ontwaterd, of als slib niet wordt vergist) en altijd na vergisting. Primair en secundair slib worden vaak gezamenlijk verwerkt.

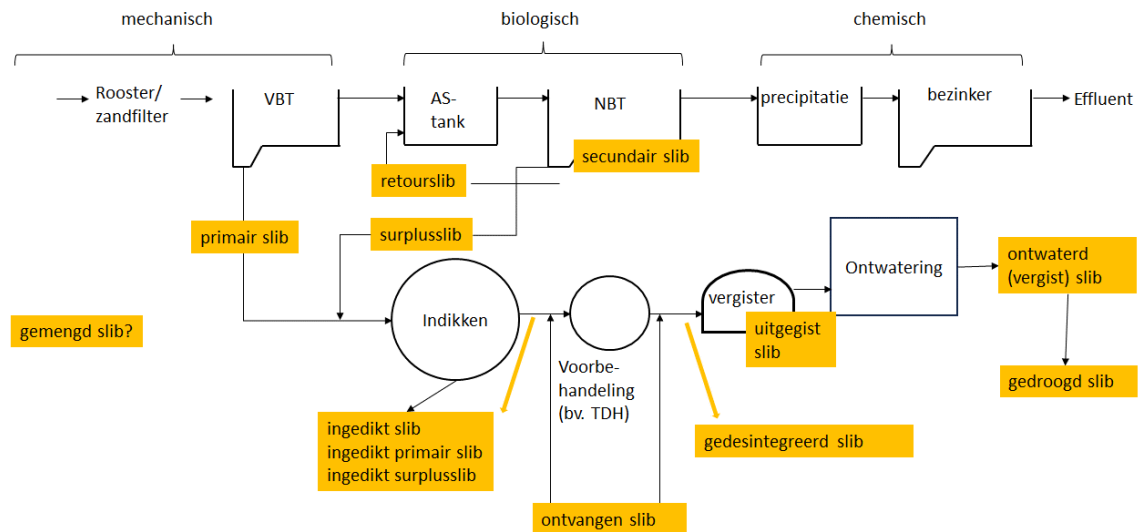
In de Z-info data komende verschillende slibsoorten voor. Hierbij is niet altijd duidelijk wat de omschrijving van de slibsoort behelst; 'ontvangen slib' en 'ingedikt slib' kunnen bijvoorbeeld zowel primair als secundair zijn. Voor 'ontwaterd slib' geldt hetzelfde en dit kan zowel vergist als onvergist zijn. Dit maakte het kwantificeren van verschillende slibsoorten lastig. Om deze reden is er niet specifiek gekeken naar hoeveelheden van verschillende slibsoorten. Bij inzoomen op de configuratie van een specifieke zuivering zal daar waarschijnlijk wel uit op te maken zijn wat de verschillende slibsoorten op die rwzi precies inhouden. Dit paste niet binnen dit project.

In Tabel 3.1 zijn de verschillende relevante slibsoorten weergegeven met de benamingen zoals ze in Z-info te vinden waren. In Figuur 3.1 zijn deze benamingen weergegeven op de juiste locatie op een rwzi. Voor de verdere data-analyse is hoofdzakelijk gekeken naar slibsoorten waarvan voldoende metingen beschikbaar waren.

TABEL 3.1 VERSCHILLENDE SLIBSOORTEN IN Z-INFO DATA

Soorten slib	Opmerkingen
Chemisch slib	
Gedesintegreerd slib	Dit is slib afkomstig van een voorbehandeling dat vervolgens naar een vergister gaat.
Gedroogd slib	
Gemengd slib	Onduidelijk wat voor slibsoort dit exact is.
Ingedikt primair slib	
Ingedikt slib	Onduidelijk of dit primair/secundair slib of beiden is.
Ingedikt surplusstib	
Ontvangen slib	Onduidelijk of dit primair/secundair slib of beiden is.
Ontwaterd slib	Dit kan zowel vergist als onvergist zijn.
Primair slib	Slib dat afgescheiden wordt in de voorbezinktank
Surplusstib	
Uitgegist slib	

FIGUUR 3.1 SCHEMA RWZI MET VERSCHILLENDE SLIBSOORTEN (VBT = VOORBEZINKTANK, AS = ACTIEF SLIB, NBT = NABEZINKTANK, TDH = THERMISCHE DRUK HYDROLYSE)

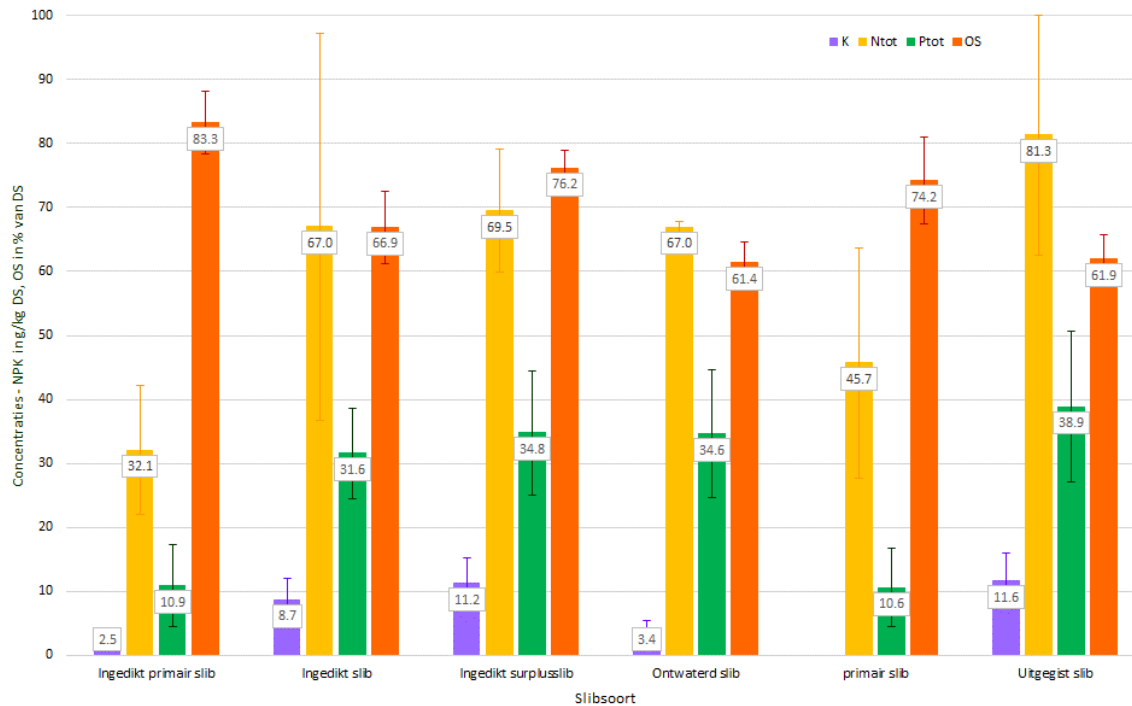


Voor de analyse van de kwaliteit van het slib is in het kader van dit project de nadruk gelegd op de verschillen tussen de slibsoorten wat betreft kwaliteit en verontreiniging. Hierbij was het de bedoeling de nadruk te leggen op het effect van vergisting, maar ook het verschil tussen primair en secundair slib. Hiervoor waren echter niet genoeg gegevens in Z-info beschikbaar. Voor het project “Micronutriënten in de kringloop” (van Eekert en Bisschops 2023) is gekeken naar het verschil in gehalten aan (onder andere) zware metalen in primair en secundair slib. Bij dat project is gebruikgemaakt van data uit een onderzoek van KWR (KWR 2018). Daaruit blijkt dat er aanwijzingen zijn dat zware metalen zich mogelijk meer in secundair dan in primair slib bevinden; dit was bij 2 van de 3 rwzi’s het geval. Bij de 3^e rwzi was het juist andersom.

3.2 NUTRIËNTEN EN ORGANISCHE STOF

In Figuur 3.2 staan per slibsoort zoals genoemd in §3.1 weergegeven wat het gehalte is van stikstof², fosfaat, kalium en organisch stof, ofwel de potentieel waardegevende bestanddelen. Ook neutraliserende waarde (de mate waarin kalkmeststoffen de pH van de grond neutraliseren) is een potentieel waardegevend bestanddeel, maar daar waren bij het afronden van deze rapportage geen data van beschikbaar. De gemiddeldes van deze stoffen (met uitzondering van kalium, omdat deze niet in de Statline database van het CBS zijn opgenomen) zijn gegeven in §2.1. In Figuur 3.2 zijn de concentraties van deze stoffen weergegeven per slibsoort. De balkjes geven de standaarddeviatie weer.³

FIGUUR 3.2 CONCENTRATIES WAARDEGEVENDE BESTANDDELEN (K: KALIUM, Ntot: N TOTAAL, OSTOF: ORGANISCHE STOF, PTOT: P TOTAAL) IN DE VERSCHILLENDE SLIBSOORTEN



Uit Figuur 3.2 blijkt dat slib relatief rijk is aan organische stof, wat ook de verwachting is. In uitgegist en ontwaterd slib is het wat lager; in de slibgisting neemt het organisch stofgehalte uiteraard af (en ontwaterd slib zal in de meeste gevallen vergist slib zijn). Het fosfaatgehalte is vrij hoog; de verhouding tussen N en P varieert tussen de 2 en 4. Dit is lager dan normaal gesproken het geval is in organische stof. Op basis van de algemene samenstelling van organische stof ($C_5H_7NO_2P_{0.1}$) is de verhouding ongeveer 4,5:1. Oorzaak hiervan is dat fosfaat biologisch dan wel chemisch wordt verwijderd in de zuivering; in geval van chemische fosfaatverwijdering wordt dit meestal ook met het biologische slib samen bezonken. Wanneer volgens de berekening beschreven in §3.4.1 wordt bekeken wat voor soort meststof het is, blijkt dat zuiveringsslib in de meeste gevallen vooral een fosfaatmeststof is en in het geval van primair slib een stikstofmeststof. Opvallend was dat er voor alle slibsoorten een grote spreiding was in alle nutriëntengehaltes. Het paste echter niet in het project om uitgebreid te

- 2 Het verschilde per slibstroom of voor de N-waarden in Z-info Ntotaal of NKjeldahl was gegeven. Aangezien in slib vrijwel alle stikstof Kjeldahl-Stikstof betreft, zijn de Ntotaal data in de figuur afkomstig van zowel Ntotaal als NKjeldahl waarden.
- 3 Gedurende het project is geconstateerd dat er een grote spreiding zit in de getallen. Door de Begeleidingscommissie is geconstateerd dat niet alle data representatief zijn. Het paste echter niet binnen het project om exact te bepalen welke data wel en niet meegenomen zouden moeten worden. In deze grafiek zijn daarom alle waarden meegenomen, met uitzondering van enkele waarden >1.000 g/kg, ofwel waarden die met zekerheid onmogelijk zijn.

analyseren welke data wel en niet betrouwbaar werden geacht. Waarden die met zekerheid onmogelijk zijn (zoals waarden >1000 g/kg of >100%) zijn eruit gefilterd, verder zijn alle waarden in de data-analyse meegenomen.

3.3 ZWARE METALEN, NEDERLANDSE NORMEN VOOR ZUIVERINGSSLIB

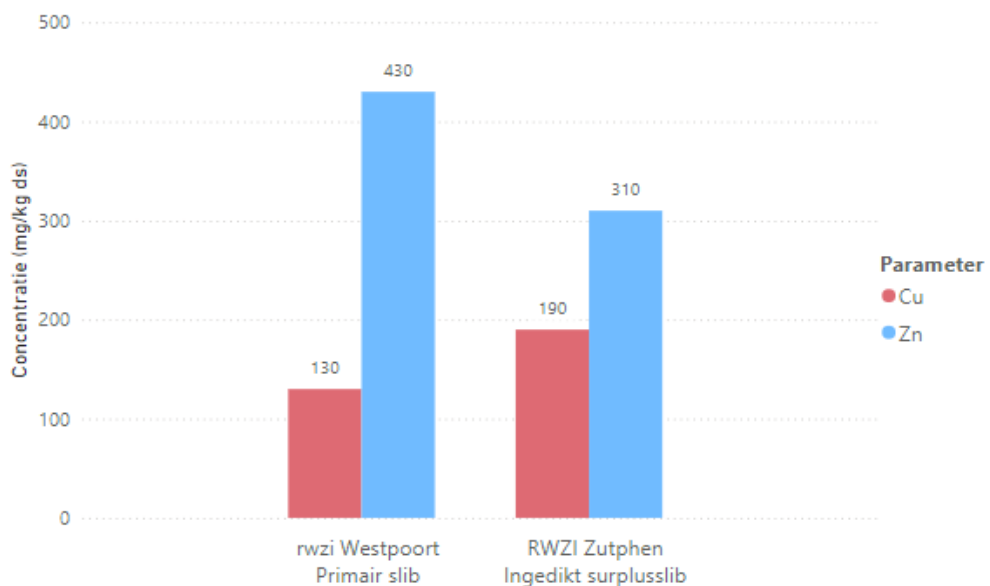
Al voor de start van het project was bekend dat zware metalen, met name koper en zink, een belemmering vormen voor het toepassen van zuiveringsslib in de landbouw. Hierbij wordt niet voldaan aan de normwaarden in Tabel 1.1.; in Tabel 2.1 zijn de gemiddelde waarden in afgevoerd zuiveringsslib gegeven, welke de normwaarden sterk overschrijden (factor 4,8 voor koper en factor 3,3 voor zink). De in Tabel 2.1 gegeven waarden zijn echter gemiddelde waarden van de slibeindverwerking van alle zuiveringen van heel Nederland. Het is de vraag of ook individuele slibstromen allemaal de normwaarden overschrijden of dat er relatief schone slibstromen zijn te vinden die wel aan de normwaarden voldoen.

Om deze reden is binnen dit project gezocht naar 'schone slibstromen', ofwel de slibstromen die zoveel mogelijk aan de normwaarden van zware metalen voldoen. Een slibstroom is voor deze analyse gedefinieerd als een combinatie van rwzi-naam en naam van de slibsoort. Vervolgens zou per 'schoonste slibstroom' gekeken worden naar het exacte soort slib en de bijbehorende configuratie en het inkomende afvalwater (industrieel/huishoudelijk) op de betreffende rwzi. Op die manier zou dan geanalyseerd kunnen worden of, en zo ja hoe, het mogelijk is om slib te produceren dat voldoet aan de normwaarden.

Het is echter gebleken dat er nergens sprake is van een dergelijke 'schone slibstroom'. Er waren in de gebruikte Z-info data enkele slibstromen te vinden die incidenteel voldeden aan de normwaarden. Echter bij verdere analyse bleken dit in veruit de meeste gevallen uitbijters te zijn en overschreed het gemiddelde koper- en zinkgehalte van de slibstroom alsnog de normwaarde aanzienlijk. In Bijlage 1 wordt dit verder toegelicht.

In Figuur 3.3 de mediaan van twee relatief schone slibstromen voor koper en zink gegeven. Deze twee slibstromen hadden van alle slibstromen in de Z-info data de laagste koper- en zinkgehalten en hadden en waarbij incidenteel sprake was van metalengehalten die voldeden aan de normwaarden.

FIGUUR 3.3 MEDIAAN VAN DE GEHALTES KOPER EN ZINK VAN PRIMAIR SLIB OP RWZI WESTPOORT EN INGEDIKT SURPLUSSLIB OP RWZI ZUTPHEN



Uit bovenstaand figuur blijkt dat hoewel dit relatief schone slibstromen betreft (ten opzichte van het gemiddelde), alsnog zowel de normwaarde voor koper (75 mg/kg ds) als die voor zink (300 mg/kg ds) in beide gevallen wordt overschreden, die van koper aanzienlijk. Gegeven het feit dat de gemiddelde gehalten koper en zink in andere slibstromen aanzienlijk hoger zijn is duidelijk dat er geen slibstromen bestaan die voldoen aan de Nederlandse normwaarden voor zware metalen.

Daarnaast is duidelijk dat er in de gebruikte data uit Z-info soms data zitten waarbij vraagtekens te plaatsen zijn. In Bijlage 1 zijn enkele trendgrafieken te vinden inclusief uitbijters om dit verder te illustreren.

3.4 ZWARE METALEN, ALTERNATIEVE NORMEN

Zuiveringsslib voldoet niet aan de huidige Nederlandse normwaarden. Daarom is in samenwerking met de BC besloten om slib te toetsen aan andere normen vanuit de gedachte dat wetgeving binnen nu en 2050 aangepast zou kunnen worden.

Er is getoetst aan 2 alternatieve normen voor zware metalen:

- Nederlandse zware metalennormen voor andere meststoffen dan zuiveringsslib en compost, waarbij de concentratie metalen wordt uitgedrukt per kg waardegevend bestanddeel in plaats van per kg droge stof.
- Normen voor zware metalen uit de Europese Richtlijn zuiveringsslib.

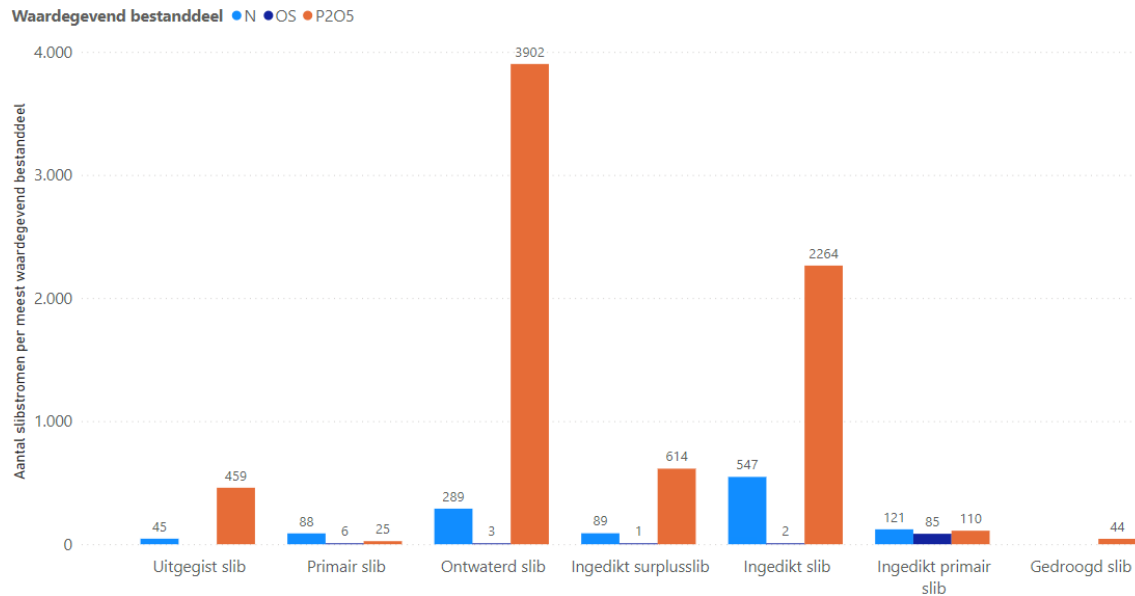
3.4.1 NEDERLANDSE NORMEN VOOR ANDERE MESTSTOFFEN

Zoals toegelicht in §1.2.1 hebben zuiveringsslib en compost eigen normen voor zware metalen, en worden voor verschillende andere meststoffen andere normen gebruikt. Deze andere normen zijn uitgedrukt op basis van waardegevend bestanddeel, in plaats van droge stof. Bij gebruik van deze normen dient eerst bekeken te worden wat het meest waardegevend bestanddeel is, volgens de bijbehorende instructie in het Uitvoeringsbesluit meststoffenwet:

‘Voor de toepassing van deze tabel zijn de maximale waarden van toepassing die behoren bij dat waardegevend bestanddeel waarvan bij het toedienen van een toenemende hoeveelheid van de meststof, de hoeveelheden van 80 kilogram fosfaat, 100 kg stikstof, 150 kilogram kali, 400 kilogram neutraliserende waarde of 3000 kilogram organische stof het éérs wordt bereikt.’

Op basis van de hierboven genoemde hoeveelheden is per slibsoort berekend wat het ‘meest waardegevend bestanddeel’ is, ofwel welke van de hierboven genoemde hoeveelheden het eerst wordt bereikt bij toepassen van een bepaalde slibsoort. Hierbij is gekeken naar de gehalten stikstof, fosfaat en organisch stof per slibsoort. Vervolgens is geteld per slibsoort en per bestanddeel geteld bij hoeveel metingen het betreffende bestanddeel het meest waardegevend. Ook kalium is meegenomen (met een beperkte dataset). In de gevallen dat er meetdata waren van kalium was het in geen enkel geval het meest waardegevend bestanddeel. In Figuur 34 is per slibsoort en per waardegevend bestanddeel het aantal datapunten weergegeven waarbij dit bestanddeel het meest waardegevend was. Voor deze berekening is naar elke aparte meting (specifieke datum, rwzi en slibsoort) gekeken.

FIGUUR 3.4 MEEST WAARDEGEVENDE BESTANDELEN PER SLIBSOORT



Bij uitvoeren van deze berekening voor de verschillende slibsoorten blijken de meeste slibsoorten te vallen onder de fosfaatmeststoffen. Alleen voor “Ingedikt primair slib” en “Primair slib” geldt dit niet; deze slibsoorten vallen in de meeste gevallen in de categorie stikstofmeststof. Dit is logisch aangezien de grootste hoeveelheid fosfaat doorgaans wordt verwijderd in de beluchtingstank (via biologische of chemische defosfatering) en er in de voorbezinktank slechts een beperkt deel met het primair slib wordt afgevoerd.

In Tabel 3.2 is de toetsing op zware metalen van de verschillende slibsoorten aan het meest waardegevend bestanddeel weergegeven.

TABEL 3.2 TOETSING ZWARE METALEN NEDERLANDSE MESTSTOFFENWETGEVING (GETALLEN IN ROOD OVERSCHRIJDEN DE NORM ZOALS IN DE BOVENSTE RIJ WEERGEGEVEN)

Zwaar metaal, eenheid en normwaarde

Soorten slib	mg/kg P2O5							
	mg As/kg P2O5	mg Cd/kg P2O5	mg Cr/kg P2O5	mg Cu/kg P2O5	mg Hg/kg P2O5	mg Ni/kg P2O5	mg Pb/kg P2O5	mg Zn/kg P2O5
Gedroogd slib	89,4	11,2	532	3.985	6,38	256	1.046	16.827
Ingedikt slib	123	12,7	539	5.358	6,93	368	1.086	16.281
Ingedikt surplusslib	79,2	15,8	394	4.782	5,4	311	1.046	15.068
Ontwaterd slib	156	13,5	535	4.952	6,46	344	1.136	13.779
Uitgestit slib	118	44	848	7.829	13,9	546	1.867	26.659

Zwaar metaal, eenheid en normwaarde

Soorten slib	mg/kg N							
	mg As/kg N	mg Cd/kg N	mg Cr/kg N	mg Cu/kg N	mg Hg/kg N	mg Ni/kg N	mg Pb/kg N	mg Zn/kg N
Ingedikt primair slib	117	14,2	601	5.274	16,4	372	2.498	27.316
Primair slib	88,2	8,61	453	3.002	9,8	329	847	9.641

Uit Tabel 3.2 blijkt dat er ook bij het toetsen aan de Nederlandse meststoffenwetgeving die van toepassing is op andere meststoffen dan compost en zuiveringsslib, sprake is van een te hoog koper- en zinkgehalte, en in sommige gevallen ook van een te hoog gehalte aan andere metalen.

3.4.2 TOETSING AAN EUROPESE ZUIVERINGSSLIBNORMEN

In Tabel 3.3 wordt de toetsing per slibsoort aan de normwaarden van de Europese Richtlijn Zuiveringsslib weergegeven (zie §1.2.2 voor uitleg over deze richtlijn en Tabel 1.1 voor de normwaarden). Hieruit blijkt dat alle slibsoorten ruimschoots voldoen aan deze norm. Het is duidelijk dat de Nederlandse normen aanzienlijk strenger zijn dan de Europese normen.

TABEL 3.3 TOETSING ZWARE METALEN GEHALTES (EENHEID MG/KG DS) AAN EUROPESE NORMWAARDEN (WAARDEN IN GROEN GEVEN AAN DAT DEZE VOLDOEN AAN DE NORM ZOALS WEERGEGEVEN IN DE EERSTE RIJ)

Soorten slib↓	Parameters en normwaarden					
	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
	20	1000	16	3 00	750	2500
Uitgegist slib	1,58	334	0,52	23,7	78,0	1083
Primair slib	0,41	142	0,46	16,0	41,0	462
Ontwaterd slib	1,01	373	0,48	26,1	85,5	1046
Ingedikt surpluslib	0,90	315	0,34	18,9	67,2	981
Ingedikt slib	0,87	294	0,43	27,1	65,3	971
Ingedikt primair slib	0,59	173	0,54	13,7	67,6	771

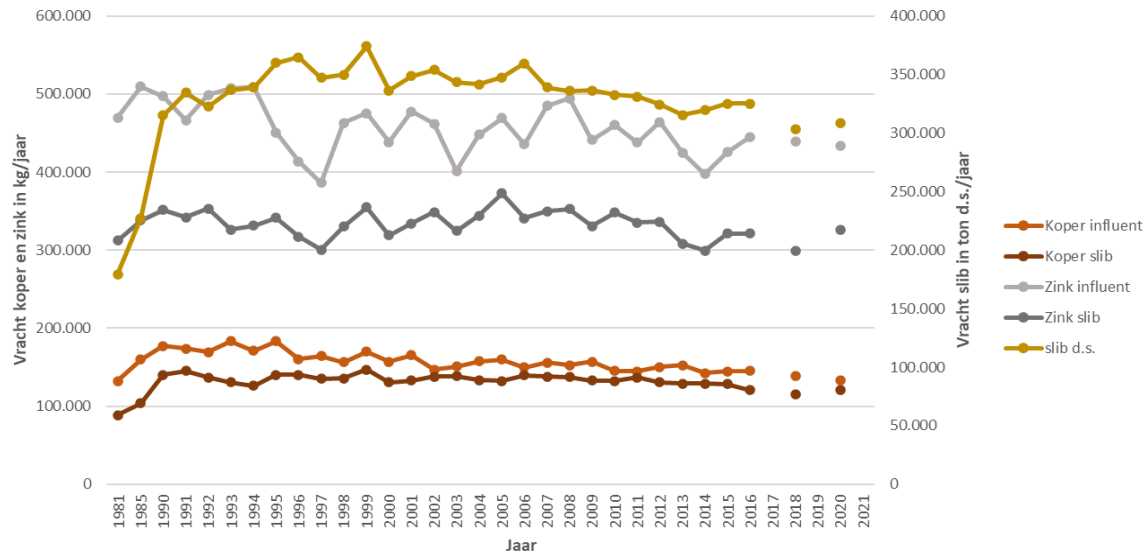
Uit bovenstaande tabel blijkt dat Nederlands zuiveringsslib wel voldoet aan Europese normwaarden. Andere Europese landen hanteren mogelijk soepeler normen voor zware metalen in zuiveringsslib ten opzichte van Nederland. Dat biedt mogelijk kansen voor afzet van Nederlands slib naar andere Europese landen waar slib wel gebruikt wordt als meststof. Hierbij kan de vraag spelen of het wenselijk is om slib elders te laten gebruiken als meststof, terwijl het niet aan onze wettelijke eisen voldoet. Dat Nederland groenten en fruit importeert uit diezelfde landen is dan onderdeel van hetzelfde vraagstuk.

3.5 KOPER EN ZINK IN ZUIVERINGSSLIB

3.5.1 HERKOMST KOPER EN ZINK

Een vraag vanuit de begeleidingscommissie die gedurende dit project naar boven kwam, was of verwacht kan worden dat op langere termijn de concentraties koper en zink in slib mogelijk gaan dalen, zodat deze wel voldoen aan de huidige Nederlandse normwaarden. Binnen het project 'Micronutriënten in de kringloop' (van Eekert en Bisschops 2023) is gekeken naar het verloop van de vrachten koper en zink in influent en slib in de tijd en naar de herkomst van zware metalen in zuiveringsslib. Het verloop van de vrachten koper en zink in de tijd is te zien in Figuur 3.5.

FIGUUR 3.5 VRACHTEN KOPER, ZINK EN SLIB TRENDS 1981-2021 (FIGUUR 4-3 UIT (VAN EEKERT EN BISSCHOPS 2023))



Uit Figuur 3.5 blijkt dat de vrachten koper en zink in het influent van de afvalwaterzuivering sinds de jaren '80 van de vorige eeuw grosso modo gelijk zijn gebleven. Het verwijderingsrendement voor koper is hoger dan voor zink.

Volgens de Emissieregistratie database (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu et al. 2024) zijn koper en zink in het rioolwater voor het grootste deel afkomstig van consumenten, en dan met name uit huishoudelijk afvalwater: 68% van het koper en 56% van het zink (bijlage 4, §4.2.2, figuren 4.6 en 4.7 uit (van Eekert en Bisschops 2023)). Het is bekend dat deze stoffen aanwezig zijn in menselijke ontlasting. Mogelijk biedt het apart behandelen van toiletafvalwater kansen om de gehalten in zuiverings-slib significant te verlagen. In de volgende paragraaf wordt hier verder op in gegaan.

3.5.2 HOEVEELHEID IN ZWARTWATER EN VERGELIJKING MET DIERLIJKE MEST

Het is niet aannemelijk dat de concentraties koper en zink in afvalwater en slib vanzelf gaan dalen. Daarom is onderzocht welk gedeelte van de vracht zware metalen te vinden is in urine en feces, ofwel 'humane mest' - en dus uit onze voeding komt. Gescheiden ingezamelde urine en feces wordt ook zwartwater genoemd. Eventueel teruggewonnen nutriënten uit zwartwater die worden hergebruikt in de landbouw zouden dus in de kringloop blijven. De gehalten in zwartwater zijn vergeleken met die in dierlijke mest en compost, zie Tabel 3.4. De gehalten zware metalen in humane mest zijn berekend op basis van literatuurdata; zie Bijlage 2 voor de berekening.

TABEL 3.4 GEHALTES ZWARE METALEN (MG/KG DS) IN ZUIVERINGSSLIB, VARKENSMEST, RUNDVEEMEST EN GFT-COMPOST UIT TABEL 2.3. GEHALTES IN HUMANE MEST (ZWARTWATER) ZIJN BEREKEND OP GROND VAN DAGELIJKSE PRODUCTIE EN GEHALTES UIT (ROSE ET AL. 2015), ZIE BIJLAGE 2. OOK ZIJN DE NORMWAARDEN UIT HET UITVOERINGSBESLUIT MESTSTOFFENWET GEGEVEN, EN DE MAXIMALE TOEGESTANE GEHALTES IN ORGANISCHE MESTSTOFFEN UIT DE EUROPESE MESTSTOFFENVERORDENING

						UBM-norm		Norm EU
	Zuiverings-slib	Varkens-drijfmest	Rundvee-drijfmest	Humane mest	Gft-compost	Zuiverings-slib	Compost	2019/1009 PFC 1A
As (mg/kg ds)	10	0,5	0,4		3,7			
Cd (mg/kg ds)	0,93	0,3	0,2	3-45	0,4	1,25	1	1,5
Cr (mg/kg ds)	39,3	14	19	1-6	22	75	50	2
Cu (mg/kg ds)	364	325	112	36-75	36	75	90	300
Hg (mg/kg ds)	0,45			<0,3	0,07	0,75	0,3	1
Ni (mg/kg ds)	25,6	13	14	3-11	10	30	20	50
Pb (mg/kg ds)	77,0	3,3	4,0	1-45	44	100	100	120
Zn (mg/kg ds)	995	992	184	179-482	169	300	290	800

In humane mest liggen alle waarden (behalve cadmium) lager dan de waarden in dierlijke mest en liggen alle waarden behalve Cd onder de normwaarden voor zuiveringsslib. In zuiveringsslib liggen de waarden van koper en zink boven de norm en ligt cadmium binnen de norm.

Voor het zuiveringsslib is op basis van bovenstaande data uitgerekend welk aandeel van de koper en zink afkomstig is van urine en feces van huishoudens (zie Bijlage 2 voor deze berekening). Voor koper is 7-17% van de hoeveelheid in zuiveringsslib afkomstig uit urine en feces (en dus voeding). Dit betekent dat het koper in het slib voornamelijk afkomstig is van andere bronnen dan urine en feces. Koper in afvalwater is ook afkomstig uit koperen waterleidingen, hoeveel dit aandeel is, is echter niet bekend. Voor zink ligt het aandeel wat hoger (18-48%), tot de helft van het zink zou dus uit onze voeding via toiletafvalwater in het zuiveringsslib terecht kunnen komen. Deze getallen laten zien dat ook het apart behandelen van zwartwater het gehalte koper en zink in zuiveringsslib niet genoeg naar beneden zal brengen om aan de UBM-normwaarden te voldoen.

Opvallend is verder dat de gehalten koper en zink in varkensdrijfmest vergelijkbaar zijn met de gehalten in zuiveringsslib, terwijl varkensdrijfmest wel mag worden toegepast.

3.6 OVERIGE VERONTREINIGINGEN, WAARONDER NIET GENORMEERDE RISICO'S

Zuiveringsslib bevat een groot scala aan verschillende stoffen, ook stoffen waar risico's aan verbonden zijn. Zware metalen en organische microverontreinigingen zoals medicijnresten zijn eerder al benoemd. Hieronder worden een aantal (onder andere PFAS) kort besproken. Van andere organische microverontreinigingen en medicijnresten zijn ook data te vinden in de Z-info dataset, maar voor dit soort stoffen zijn er nog geen normwaarden. Daarnaast is de hoeveelheid data hiervan beperkt ten opzichte van de andere parameters.

Voor andere meststoffen dan zuiveringsslib of compost zijn er wel normen voor een aantal organische verontreinigingen. Deze zijn echter uitgedrukt op basis van waardegevend bestanddeel (Uitvoeringsbesluit meststoffenwet, tabel 4). Daar zou mogelijk mee vergeleken kunnen worden om een indruk te krijgen van hoe een dergelijke normering uit zou pakken voor de verschillende slibstromen.

3.6.1 PFAS

In de Z-info data was een beperkte PFAS-dataset aanwezig. Deze gegevens zijn getoetst aan de voorlopige normen. In de meeste gevallen voldeden de PFAS-waarden aan de voorlopige normen; dit gold zowel voor de individuele PFAS-componenten als de som van alle PFAS. In het primair slib van rwzi Westpoort werd het totaal PFAS-gehalte wel overschreden. Er is een duidelijke variatie te zien in de PFAS-gehalten van verschillende slibsoorten op verschillende rwzi's. Daarnaast verschillen de PFAS-pakketten waarop is geanalyseerd in de Z-info data. Verder blijkt dat bij alle rwzi's waarvan PFAS-data van slib beschikbaar zijn in Z-info, daadwerkelijk PFAS gedetecteerd zijn in het slib.

In een recent Stowa-onderzoek is op 8 rwzi's⁴ gekeken naar het voorkomen van PFAS (Derksen en Baltussen 2021). Hieruit blijkt dat PFAS overal voorkomen, en dat daarnaast hotspots een duidelijke rol spelen. Naast PFAS die op de rwzi binnenkomen is er ook een rol voor precursors, die op de rwzi in PFAS worden omgezet.

Samengevat kan worden gesteld dat het nog niet duidelijk is of PFAS in zuiveringsslib een direct risico is voor toepassing. Het is zeker een aandachtspunt. Het is aan te bevelen om de ontwikkelingen wat betreft de wetgeving te volgen en regelmatig onderzoek te (blijven) doen naar PFAS-gehalten in zuiveringsslib en het lot van PFAS na gebruik van zuiveringsslib op gewassen en het gebruik ervan. Ook na uitbannen van deze groep stoffen zullen PFAS waarschijnlijk nog gedurende langere tijd in slib aanwezig zijn aangezien PFAS in het algemeen resistent zijn en lange halfwaardetijden (jaren) hebben. Zo worden "legacy" PFAS zoals PFOS en PFOA toch nog steeds in het milieu aangetroffen (Herwijnen et al. 2024). Dit ondanks het feit dat een (deel)verbod geldt op gebruik van PFOS (sinds 2008) en PFOA (en andere verbindingen sinds 2022).

3.6.2 MICRO- EN NANOPLASTICS EN ANDERE NANODEELTJES

De laatste jaren is er een groeiende aandacht voor micro- en nanoplastics. Er zijn geen normen, maar er zijn wel zorgen over het wijdverspreide voorkomen van deze stoffen en de gevolgen daarvan. Uit Stowa-onderzoek bleek dat microplastics voor het grootste deel verwijderd worden in de voorbezinking, en ook ingevangen worden in het actief slib (Egmond et al. 2021). Deze conclusie is in lijn met een onderzoek uitgevoerd in het Verenigd Koninkrijk over microplastics in zuiveringsslib. In dit onderzoek werd geconcludeerd dat het opbrengen van zuiveringsslib op landbouwgrond (in verschillende landen wel gangbare praktijk, in tegenstelling tot Nederland) zorgt voor een aanzienlijke verspreiding van microplastics in het milieu (Lofty et al. 2022). Bij gebruik van slib op de bodem komen daar dus ook de micro- en nanoplastics terecht. Er is niet gezocht op informatie over het lot van plastic deeltjes tijdens de slibgisting, dit is in deze studie buiten beschouwing gelaten.

Recent is er in Europese regelgeving een beperking gekomen voor het opzettelijk toevoegen van microplastics aan producten binnen de chemische regelgeving REACH. Deze beperking geldt voor onoplosbare synthetische organische polymeerdeeltjes <5 mm, die niet makkelijk afbreekbaar zijn (Europese Commissie 2023). Hierdoor komt er waarschijnlijk een afname van de hoeveelheid microplastic uit deze bronnen. Het is niet uitgezocht welke fractie van de microplastics op de rwzi dit vertegenwoordigt.

Naast plastics zijn er ook zorgen over andere nanodeeltjes, die onder andere worden gebruikt in persoonlijke verzorgingsproducten en cosmetica. Een voorbeeld is het gebruik van titaniumdioxide-deeltjes die als UV-filter in zonnebrandcrème zitten, en als wit pigment in bijvoor-

⁴ Dit betreffen andere rwzi's dan de rwzi's waarvan data beschikbaar waren in Z-info

beeld witte kleurpotloden maar ook in tandpasta en voedingsmiddelen. Andere voorbeelden zijn nanodeeltjes zilver als antibacteriële stof in textiel en silica nanodeeltjes als antiklontermiddel in voedingsmiddelen (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu 2018). Net als aan micro- en nanoplastics wordt er momenteel ook aan andere nanodeeltjes veel onderzoek gedaan. Daar zijn ook nog geen normen voor, maar er worden al wel in andere vorm beperkingen opgelegd. Sinds augustus 2022 mogen er in de EU bijvoorbeeld geen voedselproducten met TiO_2 op de markt worden gebracht (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu 2022).

3.6.3 ANTIBIOTICARESISTENTIE

Het voorkomen van antibioticaresistente organismen en de verspreiding daarvan is ook een aspect dat speelt bij de afvalwaterbehandeling. Er zijn (nog) geen wettelijke normen voor. Uit onderzoek (Leenen 2015, Blaak et al. 2018) blijkt dat de verspreiding van antibioticaresistentie naar oppervlaktewater plaatsvindt vanuit foutaansluitingen, overstorten en effluent van rwzi's Antibioticaresistentie is een thema dat veel aandacht heeft vanwege de gevolgen voor de volksgezondheid.

4

TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN DIE INVLOED KUNNEN HEBBEN OP DE SLIBKWALITEIT

Er zijn diverse ontwikkelingen die invloed hebben op de samenstelling van zuiveringsslib, wat zowel positieve als negatieve gevolgen kan hebben voor de toepassingsmogelijkheden in de landbouw. In dit hoofdstuk worden een aantal van dit soort ontwikkelingen toegelicht.

4.1 ALGEMENE ONTWIKKELINGEN

VERDER AFKOPPELEN VAN HEMELWATER

Hemelwater wordt momenteel nog voor een groot deel met vuilwaterriool afgevoerd naar de rwzi; in 2019 betrof dit 54% van de totaalhoeveelheid neerslag in Nederland op verhard oppervlak (Oomens et al. 2019). Het streven is om hemelwater niet in het vuilwaterriool op te vangen, maar waar mogelijk rechtstreeks af te voeren naar het oppervlaktewater, of te infiltreren in de bodem. Dit zal beperkt invloed hebben op de slibhoeveelheden. Naar verwachting heeft dit wel significant invloed op met name de zinkhoeveelheid, aangezien dit afspoelt van bijvoorbeeld daken en dakgoten, en dan voor een belangrijk deel met het hemelwater mee het vuilwaterriool in gaat. Zoals eerder vermeld (zie §3.5) is het vermijden van de afgespoelde vrachten aan koper en zink niet voldoende om aan de normen te gaan voldoen. Het zal wel bijdragen aan een verlaging van de gehalten, wat relevant is bij een eventuele aanpassing van de normen. Het afkoppelen van hemelwater is een proces dat naar verwachting nog geruime tijd in beslag gaat nemen.

VRAAG NAAR MICRONUTRIËNTEN

Binnen het vraagstuk van gebruik van slib op landbouwgrond is er (terecht) veel aandacht voor de in slib aanwezige verontreinigingen. Daar staat tegenover dat slib een grote variatie aan grondstoffen bevat, waarvan sommige in hogere concentraties dan andere organische reststromen. Zoals te zien is in Tabel 2.3 bevat zuiveringsslib over het algemeen hoge P-gehalten ten opzichte van andere organische meststoffen. Daarnaast bevat het relevante concentraties elementen waarvan bekend is dat het grondstoffen zijn waarvan de (economisch) beschikbare voorraden binnen afzienbare tijd uitgeput zullen raken. Naast fosfor staan ook arseen, kobalt, koper, magnesium en mangaan op de EU lijst van kritieke grondstoffen.

VOEDSELRESTENVERMALERS

Het gebruik van vermalers om voedselresten in te zamelen staat al de laatste jaren in de belangstelling. Met name voor inzameling van dit afval uit hoogbouw, als alternatief voor de inzamelcontainer op de begane grond. In de praktijk blijft de inzameling van etensresten

uit hoogbouw erg achter bij inzameling uit laagbouw, en het idee is dat een vermalder in de keuken veel laagdrempeliger werkt. Het lozen van vermalen etensresten op het riool is wettelijk niet toegestaan (LeAF et al. 2024). Vermalers gebruiken water, waardoor de totale hoeveelheid op te halen slurry veel groter is dan alleen de etensresten. Projecten waarin voedselrestenvermalers overwogen worden gaan daarom vaak toch uit van lozing op het riool, of van een ontwateringsstap in de kelder en lozing van de ‘waterfractie’ op de riolering. Het is niet bekend in hoeverre vermalers daadwerkelijk ingezet gaan worden en welke vuillast via het riool zou worden afgevoerd naar de rwzi. Mocht dit substantieel worden, dan zal dit ook effect hebben op de slibsamenstelling.

NEDERLAND CIRCULAIR IN 2050

Nederland heeft als doelstelling om circulair te zijn in 2050 op alle gebieden. Dit zal effect hebben op de omgang met afvalwater, vooral afvalwater uit niet-huishoudelijke bronnen. Afvalwaterbehandeling zal naar verwachting meer gericht zijn op het terugwinnen van grondstoffen en hergebruik van water. De op de riolering geloosde waters krijgen dan een andere samenstelling.

4.2 TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN OP DE ZUIVERING

UITBREIDING VAN RWZI'S MET TECHNIEKEN VOOR DE VERWIJDERING VAN ORGANISCHE MICROVERONTREINIGINGEN

In Nederland zijn er al steeds meer rwzi's met een voorziening voor de verwijdering van organische microverontreinigingen zoals medicijnresten. Volgens de voorgestelde herziening van de EU Richtlijn Stedelijk afvalwater is er de eis om microverontreinigingen te verwijderen, in elk geval op de grote rwzi's (>150.000 ie) en kleinere rwzi's die lozen op gebieden die aangetoond gevoelig zijn voor dit soort verontreinigingen. De meeste nu in Nederland geïmplementeerde technologieën zijn gericht op behandeling van het effluent na de nabezinktank, bijvoorbeeld met actief kool of ozon. Deze nageschakelde technologieën hebben geen invloed op de slibsamenstelling indien het apart van het slib wordt afgevoerd. De PACAS-technologie, één van de onderzochte technologieën die wel direct effect heeft op het slib, betreft dosering van poederkool op de actief slib tank (STOWA 2018). Hierbij komt de poederkool juist in de slibfractie terecht. In de huidige situatie wordt deze met het slib verbrand. Bij toepassing van slib als meststof komt de poederkool, met alles wat eraan geadsorbeerd zit, op het land. Nu PACAS meer wordt toegepast (in 2021 op 8 zuiveringen (Unie van Waterschappen 2023)), wordt het gedrag van de kool en de eraan geadsorbeerde verontreinigingen in slibvergisting, andere slibverwerkingsinstallaties en op het land een te onderzoeken aspect.

TOEPASSING VAN FIJNZEVEN

Op een aantal rwzi's worden fijnzeven toegepast (Unie van Waterschappen 2023). Uit het zeefgoed kan cellulose worden teruggewonnen. Deze fijnzeven hebben invloed op de hoeveelheid slib, en omdat er een specifieke fractie wordt opgevangen, ook op de slibsamenstelling. Uit onderzoek van KWR (KWR 2018) bleek dat een significant deel van de metalen aan kleine deeltjes was gebonden, wat een indicatie is dat slib van een fijnzeef mogelijk relatief hogere gehalten metalen bevat dan secundair en primair slib. Toepassing van fijnzeven zou ook een effect kunnen hebben op het aandeel PFAS in slib, aangezien toiletpapier PFAS bevat en dit via de fijnzeef afgevangen wordt. Amerikaans onderzoek heeft uitgewezen dat er (in Frankrijk en Zweden) tussen 1.7- 5.6 ng/g slib (6:2 diPAP) PFAS aanwezig

was en er is berekend dat dit voor 35 (Zweden) en 89% (Frankrijk) afkomstig kan zijn uit toiletpapier, dat in het toiletspoelwater terecht komt (Thompson et al. 2023). Een uitgebreide analyse van het effect van fijnzeven en de toekomstverwachting wat betreft uitbreiding van toepassing ervan in Nederland viel buiten de studie. Dit kan wel een relevant onderwerp zijn voor vervolgonderzoek.

VERMINDERING VAN PFAS-VERBRUIK

Er zijn ontwikkelingen om het gebruik van PFAS te verminderen en zelfs totaal te verbieden. Echter, momenteel wordt PFAS op veel manieren toegepast en het is (daarom) ook overal in het milieu te vinden. Een totaalverbod op het gebruik zal, door de persistentie van deze groep verbindingen, slechts op zeer lange termijn tot gevolg hebben dat de concentratie in het milieu, maar ook in afvalwater en slib, vermindert (RIVM 2024).

DIFFERENTIËREN TUSSEN SLIBSOORTEN OP BASIS VAN HERKOMST (AFVALWATERBRON EN/OF PROCESSTAP)

Uit dit onderzoek blijkt dat geen van de huidige communale slibstromen die regelmatig is geanalyseerd voldoet aan de Nederlandse normen. Gezien de grote variatie in gehalten zou het differentiëren tussen verschillende stromen toch interessant kunnen zijn, ook om inzicht te krijgen in het effect van processen op de herkomst en het lot van verontreinigingen. Elke slibstroom kent eigen karakteristieken wat betreft gehalten waardegevende bestanddelen en verontreinigingen, en deze kunnen veranderen als gevolg van technologische aanpassingen op de zuivering. Stromen die een hoger of juist lager gehalte aan verontreinigingen krijgen zouden apart gehouden kunnen worden. Een voorbeeld van een dergelijke ontwikkeling is het effect dat bovengenoemde fijnzeven kunnen hebben op het gehalte aan zware metalen en PFAS in de eventueel benedenstrooms nog gevormde slibfractie; zie ook §3.6.1 over PFAS in toiletpapier. Het is op basis van de huidige slibaanduidingen in Z-info niet mogelijk om op een praktische wijze te analyseren hoe de processtappen op een rwzi de gehalten beïnvloeden. Hiervoor moet per rwzi gekeken worden naar de procesconfiguratie, voor welke stromen er data zijn, wat de slibaanduidingen precies betekenen (zie §3.1) en of er consistente toe- of afnames gezien worden.

Brongescheiden sanitatie, waarbij toiletafvalwater apart van het andere huishoudelijk afvalwater opgevangen en verwerkt wordt, is nog geen op grote schaal toegepaste technologie. Onder andere voor koper en vooral zink zou afsplitsing van toiletafvalwater effect kunnen hebben op de gehalten in communaal zuiveringsslib (zie §3.5.2).

SLIBVOORBEHANDELING

Technologieën die invloed kunnen hebben op de samenstelling zijn de fysische (TDH), chemische en biologische slib(voor)behandeling, meestal gevolgd door of geïntegreerd met slibgisting. Dit kan verschillende effecten hebben op slibsamenstelling.

ZUIVERING VAN DE TOEKOMST

Binnen de waterschappen wordt nagedacht over hoe rwzi's in de toekomst eruit gaan zien. Het is goed mogelijk dat hierbij op den duur wordt afgestapt van de conventionele actief slib-systemen en dat er meer chemisch/fysisch gezuiverd zal worden, met terugwinning van grondstoffen en water. Een voorbeeld hiervan waarvan mogelijk onderdelen op grotere schaal geïmplementeerd zouden kunnen worden is de Waterfabriek in Terwolde; hier is er geen sprake meer van biologische afvalwaterzuivering, maar van diverse fysisch/chemische technieken: een fijnzeef, DAF en enkele filtratiestappen (Visser et al. 2023). Het toepassen

van fysisch/chemische technieken, ook in combinatie met actief slibsystemen, heeft invloed op de samenstelling van de verschillende bestaande en nieuwe slibfracties.

(BIO) RAFFINAGE

Bij toepassen van bioraffinage op organische reststromen is het doel om zoveel mogelijk organisch materiaal om te zetten in bruikbare zo hoogwaardig mogelijke producten (bijvoorbeeld vetzuren (Riedijk et al. 2023) in plaats van de organische stof direct zo ver mogelijk te oxideren tot CO₂ of anaeroob om te zetten in methaan. Alleen de reststromen van de laatste bioraffinage-stap worden nog op traditionele wijze gezuiverd. Afhankelijk van de precieze omstandigheden zou er uiteindelijk per saldo minder slib geproduceerd kunnen worden, waardoor de hoeveelheid die naar de landbouw zou kunnen gaan afneemt. Bijkomend effect is dat de organische stof die overblijft na raffinage een andere samenstelling zal hebben. Dit kan de mogelijkheden voor terugwinning van andere nuttige componenten (NPK, micronutriënten) verbeteren, maar de kwaliteit van de resterende organische stof en/of de uiteindelijke resulterende slibfractie kan ook een beperking gaan vormen (bijvoorbeeld door slechtere biologische afbreekbaarheid). Een extreme vorm van raffinage is de toepassing van pyrolyse en superkritisch vergassen van slib. Pyrolyse leidt tot de vorming van een P-rijke en een koolstofrijke stroom (biochar). Waarschijnlijk is het gehalte zware metalen van het gepyrolyseerde slib echter te hoog voor toepassing in de landbouw (Bulk en Reitsma 2015). Dit zal tot gevolg hebben dat er bij die processen geen organische stof meer richting de landbouw kan worden afgevoerd.

5

CONCLUSIE: POTENTIE VOOR SLIBGEBRUIK IN DE LANDBOUW

De belangrijkste conclusie uit dit onderzoek is dat het op dit moment niet mogelijk is om Nederlands communaal zuiveringsslib terug te brengen naar de landbouw. Er is geen enkele slibstroom te vinden die voldoet aan de normwaarden voor koper en zink en het is niet de verwachting dat het mogelijk is om deze gehalten omlaag te brengen. Daarnaast zijn er nog diverse andere verontreinigingen die milieurisico's vormen bij toepassing van slib in de landbouw.

Verdere relevante conclusies zijn:

- Zuiveringsslib bevat verschillende waardegevende bestanddelen voor de landbouw:
 - Fosfaat is momenteel het meest waardegevend bestanddeel
 - Afgaand op de hoeveelheid P die nu jaarlijks op het land wordt gebracht, zou dit overeenkomen met 45% van de huidige hoeveelheid jaarlijks geproduceerd zuiveringsslib in Nederland.
- De verschillende slibsoorten (primair en secundair, wel/niet vergist slib) verschillen duidelijk in samenstelling; primair slib bevat relatief veel organische stof, uitgestort en ontwaterd (dat ook is vergist) slib bevat relatief veel fosfaat.
- Er zijn geen slibstromen in Nederland te vinden die voldoen aan de huidige Nederlandse normwaarden voor zware metalen
 - Dit geldt voor alle verschillende slibstromen van bijna alle rwzi's in Nederland
- Gemiddeld genomen voldoet het in Nederland geproduceerde slib wel aan de Europese norm. Dit zou kansen kunnen bieden. Zie §3.4.2.
- Het apart behandelen van zwartwater zal het gehalte koper en zink in zuiveringsslib niet genoeg naar beneden brengen om aan de normwaarden te voldoen (zie §3.5.2).
- Naast zware metalen bevat slib ook diverse andere verontreinigingen
 - Voor veel verontreinigingen (PFAS, micro- en nanoplastics) zijn nog geen normwaarden, maar het is wel te verwachten dat hier normen voor komen.
 - Deze niet-genormeerde verontreinigingen vormen een milieurisico.
 - Hygiënisatie van slib is een andere voorwaarde voor veilige landbouwkundige toepassing.

Relevante ontwikkelingen in de toekomst zijn:

- Met de kennis van nu is P meest waardegevend bestanddeel van slib. Voor wat betreft micronutriënten is nog te weinig bekend, maar mogelijk wordt dit in de toekomst een factor in de waardebepaling van slib (samen met de organische stof).
- Er zijn ontwikkelingen in de afvalwaterwereld die een grote invloed kunnen hebben op de kwaliteit en kwantiteit van slib, zoals de Waterfabriek en de verwijdering van organische microverontreinigingen.

Vanwege het gebrek aan perspectief om op korte termijn zuiveringsslib toe te passen in de landbouw is besloten om niet verder te gaan met fase 2 van dit project. In hoofdstuk 6 worden aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek om op langere termijn de slibketen wel circulair te maken.

6

AANBEVELINGEN EN IDEEËN VOOR VERVOLGONDERZOEK

De consensus binnen het projectteam en de begeleidingscommissie was dat de slibketen hoe dan ook circulair zal moeten worden, ondanks de huidige haken en ogen. Er zijn in de loop van het project verschillende ideeën geopperd voor mogelijke toekomstige vervolgv activiteiten, deze worden in dit hoofdstuk kort benoemd.

ONDERBOUWEN VAN EEN VERSOEPILING VAN DE NEDERLANDSE NORMEN VOOR ZWARE METALEN IN SLIB

De slibketen kan pas echt circulair worden als het slib niet langer verbrand wordt. Toepassing in de landbouw is de meest voor de hand liggende circulaire bestemming: benutting van organische stof en nutriënten. De Nederlandse normen voor zware metalen zijn streng in vergelijking met de Europese normen, en normen die in andere landen worden gehanteerd. Het hanteren van zeer strikte normen voor zuiveringsslib is een Nederlandse beslissing, die in het verleden is genomen. Toen was circulariteit nog geen criterium. De hoofdvraag hierbij is of de verscherpte NL-normen voor Cu en Zn te verklaren zijn vanuit de bescherming van bodem en gewassen. Met een goede onderbouwing zou aanpassing van de normen overwogen kunnen worden. De onderbouwing zou gezocht kunnen worden in:

- Vergelijken met normen die in andere landen gehanteerd worden, en in kaart brengen wat de achterliggende redenen waren in die landen bij het vaststellen ervan. Dit kan vergeleken worden met de criteria die in het verleden gebruikt zijn om de strenge Nederlandse normen vast te stellen. Er kan dan met een nieuwe blik gekeken worden naar de toepasselijkheid van die criteria. Deze kunnen dan worden afgezet tegen de voor- en nadelen van circulariteit door toepassing van slib in de landbouw.
- De al binnen dit project uitgevoerde verkenning naar het aandeel aan koper en zink via toiletwater (zie §3.5.2) laat zien dat een relevant deel afkomstig is uit onze voeding. Gebruik in de landbouw geeft voor dat deel een directe kringloopsluiting.

INZICHT IN HERKOMST VAN PROBLEEMSTOFFEN MET HET OOG OP MAATREGELEN OM DE SLIBKWALITEIT TE VERHOGEN

Als beter bekend is waar koper en zink (en andere probleemstoffen) vandaan komen, kan daarna gericht gezocht worden naar mogelijkheden om de kwaliteit van het slib te verbeteren. Hoewel er alleen normen zijn voor zware metalen, zijn er zoals eerder beschreven ook andere verontreinigingen die aanleiding geven tot zorgen. Door verlaging van het koper- en zinkgehalte kan mogelijk wel aan de normen worden voldaan. Verbetering van de slibkwaliteit op het gebied van andere probleemstoffen zou kunnen helpen om een aanpassing van de zware metalennormen mogelijk te maken. De al binnen dit project uitgevoerde verkenning (zie §3.5) naar de herkomst van koper en zink laat zien dat een relevant deel afkomstig is uit huishoudelijk afvalwater, waarvan minder dan de helft uit voeding. Welke andere specifieke bronnen er zijn zou onderzocht kunnen worden. Mogelijk liggen daar kansen voor een reductie. Voor zink is corrosie van bladzink (daken en dakgoten etc.)

ook een significante bron. Verdergaande afkoppeling van regenwater zou tot een reductie van het zinkgehalte moeten leiden. Koper is deels uit koperen drinkwaterleidingen afkomstig, de mate van uitloging van koper uit de leidingen hangt onder meer af van de waterhardheid. Bij een lagere hardheid neemt de uitloging af. Bronmaatregelen lijken vooral potentie te hebben voor metalen, voor andere probleemstoffen zoals organische micro's en plastics zal dit lastiger zijn. De herkomst van dit soort stoffen zou ook bekeken kunnen worden.

SLIBBEHANDELING VOOR REDUCTIE VAN VERONTREINIGINGEN

Naast bronmaatregelen kan onderzocht worden welke manieren om slib te behandelen leiden tot lagere gehalten aan probleemstoffen. Enkele door projectteam en begeleidingscommissie genoemde opties zijn:

- Kweek van biomassa op slib, in een hiervoor aangelegde voorziening waarbij uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater wordt voorkomen. Er zou dan gebruik gemaakt worden van planten of bomen die bewezen bepaalde verontreinigingen opnemen. De geoogste biomassa kan ingezet worden voor energievoorziening, de kwaliteit van het na de oogst overgebleven slib is dan mogelijk goed genoeg om dit in te zetten als meststof/bodemverbeteraar.
- Bij electroreclamatie worden metalen via gelijkstroom verwijderd. Dit is geen oplossing voor microplastics, medicijnresten en PFAS.
- Pyrolyse zorgt voor hygiënisering en stabilisering, en er zijn interessante resultaten behaald voor PFAS. De concentraties aan metalen lopen wel op, en het grootste deel van de OS gaat verloren. Er zou gekeken kunnen worden naar de eigenschappen van het materiaal dat overblijft, en of hier een toepassing voor is.

TOEPASSINGEN WAAR PROBLEMEN MOGELIJK NIET SPELEN

Mogelijk kunnen toepassingen gevonden worden waar de zorgen die spelen rond de slibkwaliteit niet of minder relevant zijn. Bijvoorbeeld de aanwezigheid van organische microverontreinigingen, dit is mogelijk geen probleem bij gewassen die niet geconsumeerd worden. Bijvoorbeeld bloembollen, energie- of vezelgewassen en decoratieve tuinen. De meeste organische microverontreinigingen breken op termijn af in de bodem, maar het is wel belangrijk dat voorkomen wordt dat deze het grondwater bereiken. Wettelijk gezien is er het aandachtspunt dat slib volgens de huidige regelgeving alleen toegepast mag worden op landbouwgrond. Bij het zoeken naar niche-oplossingen moet uiteraard rekening gehouden worden met alle verschillende probleemstoffen.

BIORAFFINAGE

Er komen steeds meer mogelijkheden voor de behandeling van organische reststromen om deze om te zetten in bruikbare producten (bioraffinage). Hier liggen mogelijk ook kansen voor slib, waarbij gekeken kan worden naar het maken van producten die hoogwaardiger zijn dan meststoffen.

AFZET NAAR HET BUITENLAND

Het is duidelijk dat de normen voor zware metalen in het buitenland soepeler zijn. De wens is om in Nederland circulair te zijn, er zou echter ook gekeken kunnen worden naar regionale circulariteit waarbij landsgrenzen niet per definitie limiterend hoeven te zijn. Mogelijk zijn er kansen voor de inzet van (bewerkt) slib in het buitenland, op plaatsen waar wel behoefte is en er voldoende ruimte in regelgeving is. Net als bij de hierboven genoemde andere ideeën geldt dat er dan ook aandacht moet zijn voor andere (niet genormeerde) verontreinigingen, zoals medicijnresten, microplastics en PFAS. Aangezien in Duitsland verreweg de

grootste hoeveelheid slib niet langer naar de landbouw gaat maar richting verbranding om vervolgens (in de toekomst) P terug te winnen uit de assen lijkt het regionaal sluiten van de kringloop geen waarschijnlijke oplossing. Een bijkomende vraag is of het principieel past om in het buitenland iets te doen wat in Nederland niet mag. Hierbij zijn de redenen voor het vaststellen van bepaalde normen relevant. De situatie en dus de criteria voor strenge of soepelere normen kunnen per land verschillen.

Z-INFO DATA

Gedurende het project is geconstateerd dat de slibdata kwaliteit vanuit Z-info waarvan gebruik is gemaakt voor dit project niet altijd betrouwbaar zijn. In de data van zware metalen, maar ook voor andere parameters, zijn diverse waarden gevonden die duidelijk uitbijters bleken. Een aanbeveling is daarom om mogelijkheden te onderzoeken voor verbetering van de datakwaliteit van de Z-info database.

7

REFERENTIES

Blaak, H., et al. (2018). Rol van afvalwater bij verspreiding antibioticaresistentie, STOWA Stichting Rioned.

Bulk, J. v. d. en B. Reitsma (2015). Verkenning pyrolyse / carbonisatie zuiveringsslib en andere biomassastromen, STOWA.

CBS (2024). "Bevolkingsteller." Retrieved 23-8-2024, from <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/dashboard-bevolking/bevolkingsteller>.

CBS (2024, 10-7-2024). "Statline." from <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/navigatieScherm/thema>.

Commissie Deskundigen Meststoffenwet (2016). Protocol beoordeling stoffen Meststoffenwet versie 3.2. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. Wageningen.

de Haan, J. J. v. G., W (2013). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen, WUR, LTO-Nederland, DLV Plant, Plant Research International, IRS, NMI, Blgg AgroXpertus, Altic.

de Ruijter, F. J. (2023). Micronutriënten in Nederland: landbouwkundige behoefte en balansverkenningen : rapportage in het kader van het TKI-project Micronutriënten in de kringloop (LWV20.249). Wageningen, Wageningen Plant Research.

Deltares (2017). Zware metalen in dierlijke mest in 2017.

Derksen, A. en J. Baltussen (2021). PFAS in influent, effluent en zuiveringsslib. Resultaten van een meetcampagne op acht rwzi's, STOWA.

Egmond, J.-L. v., et al. (2021). Verkenning van verwijderingsroutes microplastics in de rwzi, STOWA.

Eurofins. (2023). PFAS restriction proposal: The largest substances ban project ever in Europe, Eurofins.

Europese Commissie (2023). Commission Staff Working Document / Evaluation - Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture.

Europese Commissie (2023). Protecting environment and health: Commission adopts measures to restrict intentionally added microplastics.

Herwijnen, R. v., et al. (2024). De risico's van PFAS (inclusief F-gassen) emissies - samenvatting van de onderbouwing van het REACH restrictievoorstel, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.

KWR (2018). Terugwinnen van metalen uit water, slib en vlieggas, KWR,.

Laan, P. (2019). Verkenning verwaarding van zuiveringsslib met behulp van biologische methoden, STOWA.

LeAF, et al. (2024). Veelgestelde vragen en antwoorden rond kleinschalig verwerken van gft/gfe/swill.

Leenen, d. i. E. J. T. M. (2015). Stand van zaken pathogenen, antibiotica en antibioticaresistentie, STOWA.

Lofty, J., et al. (2022). "Microplastics removal from a primary settler tank in a wastewater treatment plant and estimations of contamination onto European agricultural land via sewage sludge recycling." *Environmental Pollution* 304: 119198.

Oomens, A., et al. (2019). Afkoppelen; kansen en risico's van anders omgaan met hemelwater in de stad, STOWA.

Regelink, I., et al. (2017). Perspectieven voor de afzet van (fosfaat-verarmd) zuiveringsslib naar de landbouw. Netherlands, Wageningen Environmental Research.

Riedijk, X., et al. (2023). Vetzuurproductie op rwzi's, STOWA.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2018). Titaandioxide in voedsel.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2022). "Verbod op titaniumdioxide in voedingsmiddelen treft ook andere producten." from <https://www.rivm.nl/nanotechnologie/wet-en-regelgeving/verbod-op-titaniumdioxide-in-voedingsmiddelen-treft-ook-andere-producten>.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, et al. (2024). Emissieregistratie, datareeks 1990-2022

RIVM (2024, 29-05-2024). "Vragen en antwoorden over te veel blootstelling aan PFAS." Retrieved 23-8-2024, from <https://www.rivm.nl/pfas/vraag-antwoord/efsa>.

Rose, C., et al. (2015). "The Characterization of Feces and Urine: A Review of the Literature to Inform Advanced Treatment Technology." *Crit Rev Environ Sci Technol* 45(17): 1827-1879.

RVO (2023). "<https://www.rvo.nl/onderwerpen/mest/gebruiken-en-uitrijden/fosfaat-landbouwgrond/stimuleren-organische-stofrijke>." Retrieved 4-9-2024, 2024, from <https://www.rvo.nl/onderwerpen/mest/gebruiken-en-uitrijden/fosfaat-landbouwgrond/stimuleren-organische-stofrijke>.

Spijker, J. H., et al. (2022). Kennisprogramma Circulair Terreinbeheer Jaarrapportage 2021. Wageningen, Wageningen Environmental Research.

STOWA (2018). PACAS poederkooldosering in actiefslib voor verwijdering van microverontreinigingen. Onderzoek naar effectiviteit en efficiëntie op rwzi Papendrecht.

Thompson, J. T., et al. (2023). "Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Toilet Paper and the Impact on Wastewater Systems." *Environmental Science & Technology Letters* 10(3): 234-239.

Unie van Waterschappen (2022). Bedrijfsvergelijking zuiveringsbeheer 2022.

Unie van Waterschappen (2023). WAVES Databank

van Eekert, M. en I. Bisschops (2023). Micronutriënten in de Kringloop : eindrapportage WP4 : afvalwater en huishoudelijk organisch afval, herkomst, bestemming en stofstroom analyse, scenariostudies voor terugwinning uit huishoudelijke organische reststromen. Wageningen, Wageningen University & Research.

Visser, F., et al. (2023). Ontwikkeling en opschaling Waterfabriek2.0 (IPMV), STOWA.

BIJLAGE 1

TRENDGRAFIEKEN ZWARE METALEN MET UITBIJTERS

In paragraaf 3.3 is te lezen dat er in Nederland geen slibstromen zijn die voldoen aan de normen voor zware metalen. Op verzoek van de Begeleidingscommissie is gedurende dit project gezocht naar een 'schone slibstroom'; idee hierachter was dat er mogelijk bij enkele rwzi's sprake zou zijn van slib dat wel aan de normwaarden voldoet.

Bij deze data-analyse is geconcludeerd dat bij gemeten gehalten koper en zink die *wel* aan de normwaarden voldoen, er bijna zonder uitzondering sprake is van duidelijke uitbijters in de data. Hieronder is dit verder toegelicht.

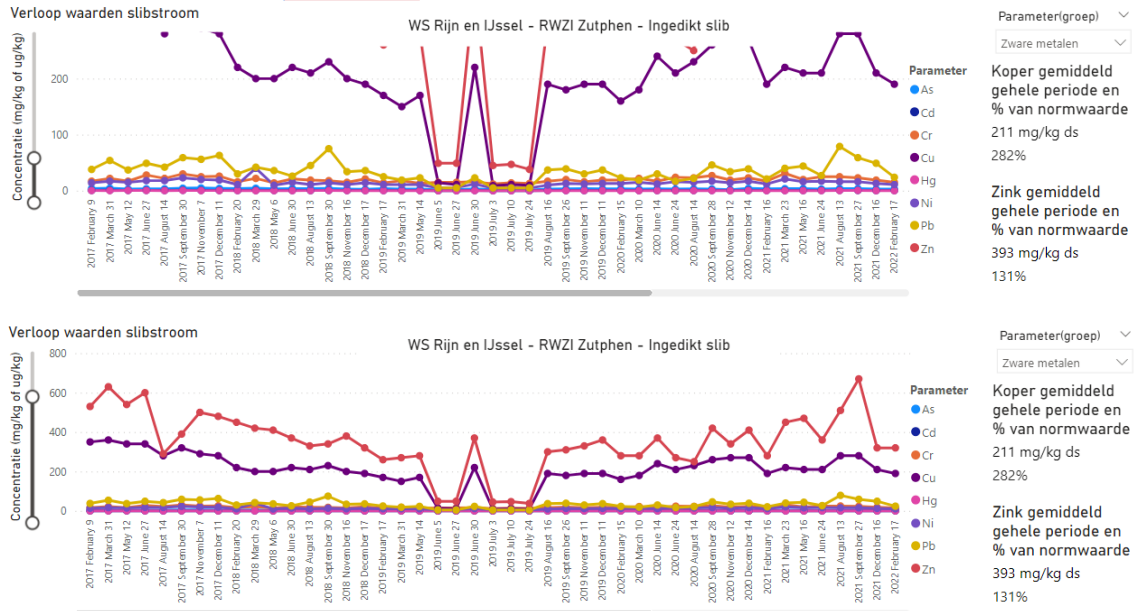
Binnen dit project is een data-analyse gemaakt van de verschillende 'slibstromen'. Met een aparte slibstroom wordt bedoeld: een specifieke soort slib (zie Tabel 3.1) van een specifieke zuivering. Een slibstroom is voor deze analyse gedefinieerd als een combinatie van rwzi-naam en naam van de slibsoort. Van deze slibstromen is gekeken naar de beschikbare data van zware metalen gehalten, gemeten op verschillende datums. Verreweg de meeste losse slibstromen voldoen niet aan de normen voor zowel koper als zink. In de meeste gevallen, maar niet altijd, voldoen ze wel aan de andere normen voor zware metalen. Er is gezocht naar slibstromen waarbij op in elk geval één datum wordt voldaan aan alle normwaarden voor zware metalen.

Er is slechts bij 4 waterschappen sprake van slibstromen die *incidenteel* aan alle normwaarden voor metalen voldoen, namelijk:

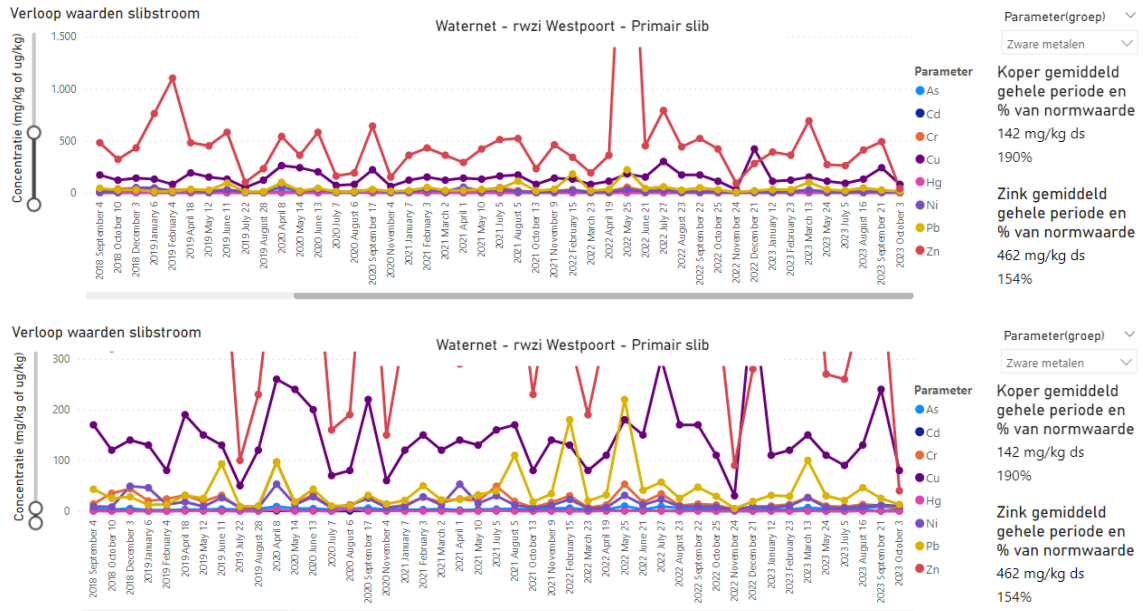
- Rijn en IJssel
 - rwzi Zutphen, ingedikt slib en ingedikt surplusslib; het is niet duidelijk in hoeverre dit al dan niet dezelfde slibstroom is
- Drentse en Overijsselse Delta
 - rwzi Zwolle - uitgestort slib
- Waterschapsbedrijf Limburg
 - rwzi's Abdisschenbosch, Gennep, Hoensbroek, Meijel, Roermond, Simpelveld, Stein, Susteren, Venlo, Venray, Weert en Wijhe - ingedikt slib
 - rwzi Hoensbroek - ontwaterd slib
 - rwzi Limmel - uitgestort slib
- Waternet
 - rwzi Westpoort - Primair slib

Van een aantal van bovenstaande slibstromen zijn trendgrafieken gemaakt waarop de gehalten van zware metalen in de tijd zijn weergegeven. Uitbijters zijn hierin meegenomen. In Figuur 6.1, Figuur 6.2, Figuur 6.3, en Figuur 6.4 staan enkele voorbeelden hiervan gegeven, waaronder van rwzi Zutphen, ingedikt slib en rwzi Westpoort, Primair slib. Van deze slibstromen is in Figuur 3.3 de mediaan te zien.

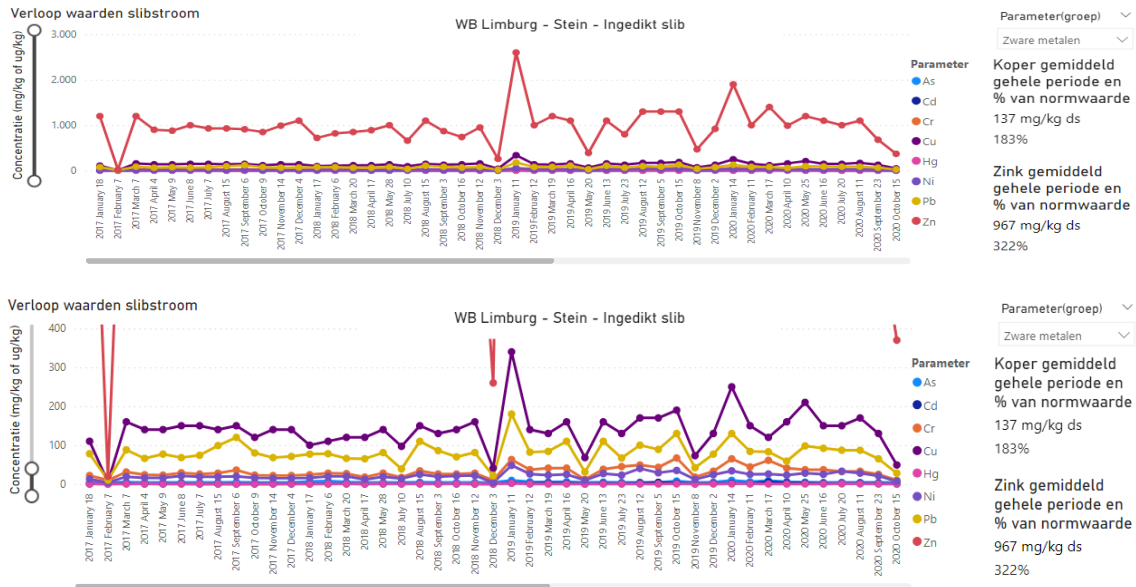
FIGUUR 6.1 VERLOOP GEHALTES ZWARE METALEN RIJN EN IJSSEL - RWZI ZUTPHEN - INGEDIKT SLIB. PUNTEN WAAROP WORDT VOLDAAN AAN DE NORMWAARDEN ZIJN OMCIRKELD. ELK PUNT GEEFT ÉÉN METING WEER. DE BOVENSTE GRAFIEK HEEFT EEN GROTE SCHAAL TER WEERGAVE VAN DE ZN-GEHALTES, DE ONDERSTE EEN KLEINERE SCHAAL TER WEERGAVE VAN DE CU-GEHALTES. RECHTS STAAN DE GEMIDDELDE GEHALTES KOPER EN ZINK VAN DE GEHELE MEETPERIODE OMSCHREVEN MET DAARONDER HET PERCENTAGE CU DAN WEL ZN TEN OPZICHTE VAN DE NORMWAARDEN (75 MG/KG VOOR CU, 300 MG/KG VOOR ZN). DE VERLOOPGRAFIEKEN LOPEN NIET HELEMAAL TOT EN MET EIND 2023 IN VERBAND MET DE LEESBAARHEID



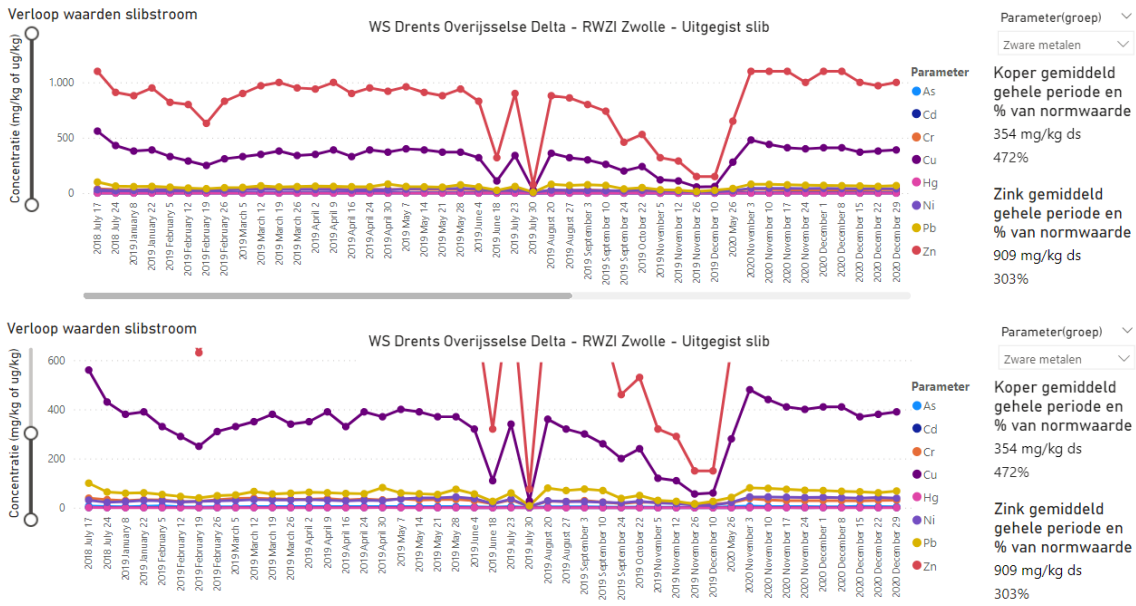
FIGUUR 6.2 VERLOOP GEHALTES ZWARE METALEN WATERNET - RWZI WESTPOORT - PRIMAIR SLIB. PUNTEN WAAROP WORDT VOLDAAN AAN DE NORMWAARDEN ZIJN OMCIRKELD. ELK PUNT GEEFT ÉÉN METING WEER. DE BOVENSTE GRAFIEK HEEFT EEN GROTE SCHAAL TER WEERGAVE VAN DE ZN-GEHALTES, DE ONDERSTE EEN KLEINERE SCHAAL TER WEERGAVE VAN DE CU-GEHALTES. RECHTS STAAN DE GEMIDDELDE GEHALTES KOPER EN ZINK VAN DE GEHELE MEETPERIODE OMSCHREVEN MET DAARONDER HET PERCENTAGE CU DAN WEL ZN TEN OPZICHTE VAN DE NORMWAARDEN (75 MG/KG VOOR CU, 300 MG/KG VOOR ZN). DE VERLOOPGRAFIEKEN LOPEN NIET HELEMAAL TOT EN MET EIND 2023 IN VERBAND MET DE LEESBAARHEID



FIGUUR 6.3 VERLOOP GEHALTES ZWARE METALEN WATERSCHAPSBEDRIJF LIMBURG - RWZI STEIN - INGEDIKT SLIB. PUNTEN WAAROP WORDT VOLDAAN AAN DE NORMWAARDEN ZIJN OMCIRKELD. ELK PUNT GEEFT ÉÉN METING WEER. DE BOVENSTE GRAFIEK HEEFT EEN GROTE SCHAAL TER WEERGAVE VAN DE ZN-GEHALTES, DE ONDERSTE EEN KLEINERE SCHAAL TER WEERGAVE VAN DE CU-GEHALTES. RECHTS STAAN DE GEMIDDELTE GEHALTES KOPER EN ZINK VAN DE GEHELE MEETPERIODE OMSCHREVEN MET DAARONDER HET PERCENTAGE CU DAN WEL ZN TEN OPZICHTE VAN DE NORMWAARDEN (75 MG/KG VOOR CU, 300 MG/KG VOOR ZN). DE VERLOOPGRAFIEKEN LOPEN NIET HELEMAAL TOT EN MET EIND 2023 IN VERBAND MET DE LEESBAARHEID



FIGUUR 6.4 VERLOOP GEHALTES ZWARE METALEN DRENTSE EN OVERIJSSELSE DELTA - RWZI ZWOLLE - UITGEGIST SLIB. PUNTEN WAAROP WORDT VOLDAAN AAN DE NORMWAARDEN ZIJN OMCIRKELD. ELK PUNT GEEFT ÉÉN METING WEER. DE BOVENSTE GRAFIEK HEEFT EEN GROTE SCHAAL TER WEERGAVE VAN DE ZN-GEHALTES, DE ONDERSTE EEN KLEINERE SCHAAL TER WEERGAVE VAN DE CU-GEHALTES. RECHTS STAAN DE GEMIDDELTE GEHALTES KOPER EN ZINK VAN DE GEHELE MEETPERIODE OMSCHREVEN MET DAARONDER HET PERCENTAGE CU DAN WEL ZN TEN OPZICHTE VAN DE NORMWAARDEN (75 MG/KG VOOR CU, 300 MG/KG VOOR ZN). DE VERLOOPGRAFIEKEN LOPEN NIET HELEMAAL TOT EN MET EIND 2023 IN VERBAND MET DE LEESBAARHEID



Uit bovenstaande grafieken, blijkt dat in de gevallen waarbij een bepaalde slibstroom aan de normwaarden voldoet, er sprake lijkt van uitbijters ten opzichte van de andere data. In de dataset zijn nog meer Cu- en Zn-gehalten gerapporteerd die nadrukkelijk veel lager liggen

dan de trend en die aanleiding geven om te concluderen dat het slib op die momenten wel aan de norm voor zware metalen zou voldoen. Echter, gezien het algemene verloop van deze concentraties lijkt het hier meer te gaan om uitzonderingsgevallen waarbij gehalten door niet te traceren redenen incidenteel lager uitvallen of foutief lager gerapporteerd zijn.

Dat de datapunten waarbij wordt voldaan aan de normwaarden in vrijwel alle gevallen uitbijters zijn, is getrokken op basis van een eerste visuele observatie van de grafieken. Een uitgebreide statistische analyse werd niet zinvol en onnodig tijdrovend geacht. Het is goed te zien dat de betreffende punten in veel gevallen duidelijk vele malen lager zijn dan de overige waarden. De gemiddelde Cu- en Zn-gehalten over alle jaren van de betreffende slibstromen overschrijden in alle gevallen alsnog veruit de normwaarde. De oorzaak van deze incidenteel zeer lage waarden is niet bekend, en zijn binnen dit project ook niet uitgezocht, omdat dit niet relevant werd geacht. Het is duidelijk dat de gevallen waarbij aan de normwaarden wordt voldaan niet representatief zijn voor de betreffende slibstromen.

Alleen de data van primair slib van Waternet zijn mogelijk geen uitbijters; gemiddeld voldoet dit slib niet aan de normwaarden, maar komt het er wel een stuk dichterbij ten opzichte van de gemiddelde slibstromen. Hier is ook vaker sprake van lage waarden, en zit er vrij veel variatie in de waarden. Het is logisch dat in de samenstelling van primair slib meer variatie is. Dit bestaat uit allerlei bezinkbare delen, terwijl secundair slib tijdens het zuiveringsproces enkel wordt gevormd uit biologisch afbreekbare delen en stoffen die aan het slib adsorberen. Ook is de slibverblijftijd bij secundair slib langer. Verder kan er bij primair slib nog een invloed zijn van de zogeheten ‘first flush’ na droogte; ofwel regenval waardoor in één keer veel stoffen het riool inspoelen.

Op basis van de beschikbare getallen is het primair slib gemiddeld genomen wel schoner dan secundair of gemengd slib, in elk geval wat betreft de concentraties aan zware metalen. Er zijn echter slechts beperkt meetdata beschikbaar van enkel primair slib.⁵ Het uitvoeren van een meer analyses op primair slib kan inzicht bieden of dit altijd lagere concentraties zware metalen bevat. Echter, wanneer naar het gemiddelde wordt gekeken van alle beschikbare data die met zekerheid van primair slib afkomstig zijn (“ingedikt primair slib” en “primair slib”) blijken ook deze de normwaarden nog aanzienlijk te overschrijden; voor zowel Cu (gemiddeld 164 mg/kg ds, normwaarde 75 mg/kg ds) als Zn (gemiddeld 681 mg/kg ds, normwaarde 300 mg/kg ds) zijn de gemiddelden ruim 200% van de normwaarden.

Samenvattend kan gesteld worden dat er geen slibstroom gevonden is die structureel voldoet aan de normwaarden voor zware metalen, en zelfs geen slibstroom die voldoet aan de normwaarden indien die met bijvoorbeeld 50% verhoogd zouden worden. Gebruik van slib volgens de huidige Nederlandse normwaarden is hiermee uitgesloten. Een aanbeveling kan zijn om primair slib vaker te analyseren op zware metalen. De beschikbare data suggereren dat het gehalte aan zware metalen mogelijk lager is in primair slib, maar er zijn te weinig data specifiek van primair slib om dit met zekerheid te stellen. Een andere mogelijkheid zou kunnen zijn om het koper- en zinkgehalte van zuiveringsslib omlaag te brengen door meer scheiding aan de bron van verschillende afvalwaterstromen. Dit lijkt echter ook geen realistische route zoals beschreven in §3.5.

5 Ter vergelijking: het grootste aantal zware metalen-analyses is op ontwaterd slib, namelijk totaal 39.016. Dit zijn losse analyses; in de meeste gevallen (maar niet altijd) zijn dan 8 zware metalen geanalyseerd. Ontwaterd slib kan zowel primair als secundair slib zijn, maar zal voor het grootste deel uit secundair slib bestaan. Hetzelfde geldt voor uitgegist slib, waarvan 3.575 zware metalen-analyses zijn. Van primair slib zijn totaal 480 zware metalen-analyses, van ingedikd primair slib 1205.

BIJLAGE 2

BEREKENING VAN HET AANDEEL CU EN ZN IN SLIB AFKOMSTIG VAN DE BEHANDELING VAN TOILETAFVALWATER

Uit (Rose et al. 2015) zijn voor de bepaling van het koper- en zinkgehalte in feces de volgende gegevens gehaald:

Bron	Parameter		Waarde	Eenheid
Tabel 3	Feces productie in "high income" landen		126	g WW/cap/day
			28	g ds/cap/day
Tabel 5	Cu in feces	min 1	1.02	mg/cap/day
		max 1	1.1	mg/cap/day
		min 2	1.5	mg/cap/day
		max 2	2.1	mg/cap/day
		1	6.8	mg/kg WW
	Zn in feces	min 1	7.85	mg/cap/day
		max 1	13.31	mg/cap/day
		min 2	5	mg/cap/day
		max 2	10	mg/cap/day
		1	48.46	mg/kg WW
		2	67.49	mg/kg WW

Deze gehalten zijn met behulp van het inwoneraantal van Nederland in 2022 (17.600.000, (CBS 2024) omgerekend naar vrachten in feces in 2022 in Nederland:

Feces totaal						
Tabel 3	809424000	kg WW/jaar in NL				
	179872000	kg ds/jaar in NL				
	6552	kg/jaar in NL	Cu	min	5504	kg/jaar in NL
	7066			max	13490	kg/jaar in NL
	9636					
	13490					
	5504	kg/jaar in NL				
	50428	kg/jaar in NL	Zn	min	32120	kg/jaar in NL
	85503			max	85503	kg/jaar in NL
	32120					
	64240					
	39225	kg/jaar in NL				
	54628					

Met data uit het “Micronutriënten in de Kringloop” rapport (van Eekert en Bisschops 2023) (REF) zijn de koper en zinkvrachten jaarlijks aangevoerd in urine berekend:

LeAF MidK rapport						
p18/50	Urineproductie		1.4	L/cap/dag		
	Cu in urine	min	27,7	µg/L	249	kg/jaar
	Zn in urine	min	230	µg/L	2069	kg/jaar

Voor de totale vracht kopen en zink in zwartwater zijn de vrachten in feces en urine bij elkaar opgeteld:

				Totaal BW	
Cu		min		5753	kg/jaar
		max		13740	kg/jaar
Zn		min		34189	kg/jaar
		max		87572	kg/jaar

Slib							
Cu	120715	kg/jaar	waarvan	68,2	% huishoudelijk =	82328	kg/jaar
Zn	325845	kg/jaar	waarvan	56,2	% huishoudelijk =	183125	kg/jaar

% afkomstig uit BW in slib		
	min	max
Cu	7,0	16,7
Zn	18,7	47,8