



ZWARE METALEN IN ZUIVERINGSSLIB EN IN RIVIERSLIB*

dr. W. van Driel
Afdeling Scheikunde van de Grond,
Instituut voor Bodemvruchtbaarheid,
Haren (Gr.).

Zowel rivier- als zuiveringslib bevatten veel bestanddelen die de plantengroei ten goede komen. Beide slibsoorten zijn echter tevens rijk aan zware metalen en vormen bij toepassing in de landbouw een potentiële bedreiging. Bij de afweging van voor- en nadelen heeft de gezondheid van mens en dier de hoogste prioriteit.

1. inleiding

Twee belangrijke dragers van zware metalen in ons land zijn het zuiveringslib en het rivierslib. Een deel van deze produkten kan als meststof of als substraat zijn toepassing vinden in de landbouw. Daarbij kunnen de relatief hoge metaalconcentraties het gebruik beperken. In dit artikel worden enkele effecten behandeld die bij het gebruik van zuiveringslib en rivierslib in de landbouw kunnen optreden.

rivierslib: Verschillende oude beschavingen hadden hun bakermat in het stroomdal van grote rivieren en dankten hun bloei mede aan de vruchtbaarheid van de grond. De rivieren werden terecht beschouwd als de dragers van de bodemvruchtbaarheid. De jaarlijkse overstromingen waarmee zowel water voor de irrigatie als verse, vruchtbare riviersedimenten voor de bemesting werden aangevoerd, zag men als een zegen.

Behalve als leverancier van water en meststoffen bleken de rivieren ook zeer geschikt te zijn als afvoerkanaal voor de afvalprodukten van de menselijke samenleving. In eerste instantie zal dit de vruchtbaarheid van de rivierkleigronden ten goede gekomen zijn (organische stof, macro-elementen, sporelementen); door de groeiende bijdrage van de industriële afvalprodukten moeten de huidige riviersedimenten echter als sterk gecontamineerd worden beschouwd.

zuiveringslib: Naarmate er meer afvalwater gezuiverd wordt, zal de contaminatie van de rivieren afnemen. Het bij de zuivering van afvalwater resterende zuiveringslib is, wat de hoofdbestanddelen betreft, een uitstekende meststof die qua samenstelling goed vergelijk-

baar is met stalmest. In het zuiveringslib komt echter het grootste deel van de zware metalen terecht die met het rioolwater worden aangevoerd. Door de toenemende zuivering van het rioolwater neemt de produktie van het zuiveringslib de laatste jaren sterk toe. Door het stellen van eisen aan de samenstelling van de te lozen afvalwaterstromen van industriële herkomst nemen de metaalconcentraties van het zuiveringslib af.

2. contaminanten

Zowel rivierslib als zuiveringslib kunnen beschouwd worden als residuen van de afvalwaterzuivering, waarbij het zuiveringsproces van het afvalwater respectievelijk in de rivier (zelfreinigend vermogen) en in de installatie heeft plaatsgevonden. Het rivierslib bevat tevens de natuurlijke, door erosie van het instroomgebied gevormde sedimenten. Van de afvalstoffen zijn door biologische processen vrijwel alle afbreekbare organische bestanddelen afgebroken. Het slib bevat het grootste deel van de moeilijk afbreekbare residuen, zoals de organische microverontreinigingen en de zware metalen. De eerste groep bevat residuen van bestrijdingsmiddelen, polychloorbifenylen, polycyclische aromaten, olieresiduen en andere persistente chemicaliën. Wij zullen ons uitsluitend bezighouden met de zware metalen en enkele andere elementen.

*) Voordracht gehouden voor het symposium 'zware metalen en het milieu' te Rotterdam op 28 november 1978. Georganiseerd door KIVI, afd. Chemische Techniek; KNCV, sectie Chemische Technologie en Niria, vaksectie Chemische en Fysische techniek.

2.1. zware metalen

Zware metalen zijn natuurlijke bestanddelen van de gesteenten waaruit door verwerking en erosie riviersedimenten zijn ontstaan. In alle plantaardige en dierlijke produkten worden dan ook sporen van alle zware metalen aangetroffen. Een aantal van deze metalen is onontbeerlijk voor een normale ontwikkeling van het organisme. Door de industriële activiteiten zijn de concentraties zowel van enkele essentiële als van niet-essentiële metalen in riviersedimenten echter tot een veelvoud van de natuurlijke concentraties gestegen.

2.2. effecten

Zware metalen kunnen op verschillende plaatsen in het agrarische ecosysteem ingrijpen: in het bodemleven, in de plant, in het dier en ten slotte in de mens. Deze effecten kunnen betrekking hebben op de dierlijke of plantaardige produktie en op de kwaliteit of gezondheid. Dit gaat soms gepaard met een ophoping van een of meer metalen in bepaalde organen. Aan enkele metaalverbindingen worden kankerverwekkende eigenschappen toegeschreven. Enkele voorbeelden:

grond: Te hoge koperconcentraties in de grond zijn fataal voor regenwormen en voor de wortelknolletjes van vlinderbloemigen.

plant: Bij matig hoge koper- en nikkelconcentraties treden overmaatsymptomen op in de bladeren; hoge cadmium-, koper-, nikkel- en zinkconcentraties in de grond maken plantengroei onmogelijk.

dier: Langdurige blootstelling aan te hoge koper- respectievelijk loodcon-

tabel I. Metaalconcentraties, in mg/kg, in de aardkorst en in de sedimenten van de Rijn.

element	aardkorst (gemiddeld)	rivierklei Rijn 1788	rivierklei Rijn 1975
koper	70	25	325
zink	130	100	1900
chrom	200	90	820
nikkel	80	40	80
lood	16	30	400
cadmium	0,2	0,3	30
kwik	0,5	0,2	10
arseen	5	13	54

centraties in het dieet is fataal voor schapen en paarden.

mens: Door industriële verontreiniging van het milieu met cadmium en kwik hebben zich in Japan via het voedsel vele vergiftigingsgevallen met dodelijke afloop voorgedaan.

2.3. bodemfactoren

Bij een gegeven zware-metaalconcentratie in de grond wordt de beschikbaarheid voor de plant, alsmede de mobiliteit in de grond, voor het grootste deel bepaald door de bodemsamenstelling. Hierbij spelen vooral het organische-stofgehalte, de korrelgroottesamenstelling en de zuurgraad een belangrijke rol. Voor de meeste metalen geldt dat de beschikbaarheid voor de plant afneemt bij toenemend organische-stofgehalte, bij stijgende p_H en bij een hoger gehalte aan kleibestanddelen. Uiteraard zullen ook de bindingsvormen van de metalen een rol spelen.

2.4. bodemgebruik

Eventuele schade veroorzaakt door te sterk verhoogde metaalconcentraties van de grond zal afhangen van het bodemgebruik. Bij de teelt van gewassen die op geen enkele wijze in de menselijke of dierlijke consumptie komen (vlas, pootgoed, sierteelt) zijn de zware metalen alleen maar van belang voor zover de productie of verkoopkwaliteit geschaad worden. Bij consumptiegewassen, vooral indien deze een groot aandeel in het voedselpakket innemen, is de bijdrage die deze produkten leveren aan de zware-metalenbelasting van mens en/of dier van belang. De volks-

gezondheidsaspecten verdienen dan prioriteit boven die van de productie. Wat deze aspecten betreft, staan vooral cadmium, lood, kwik en arseen in de belangstelling.

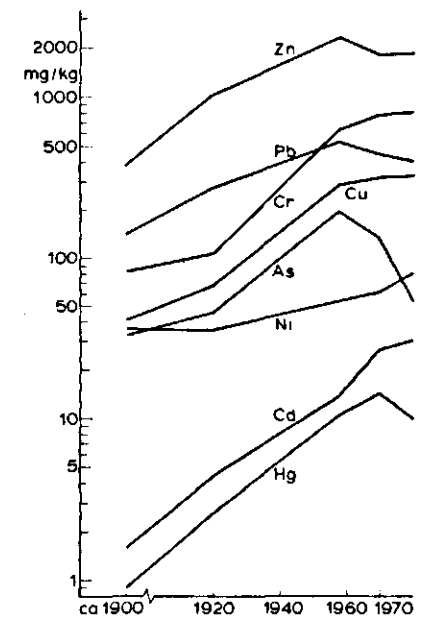
De consequenties van het gebruik van gecontamineerde riviersedimenten en van zuiveringsslib in de landbouw worden nu achtereenvolgens besproken.

3. riviersedimenten

3.1. factoren die de contaminatiegraad van rivierslib bepalen

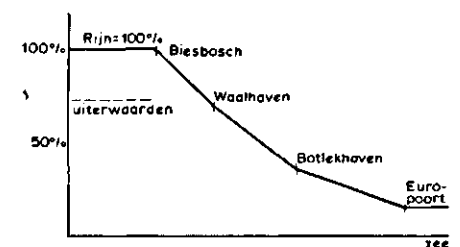
In het algemeen geeft de spoorelementensamenstelling van riviersedimenten een goed beeld van de samenstelling van de gesteenten en erosieprodukten in het stroomgebied van de rivier. De hoeveelheden metalen die door verwerking vrijkomen, worden echter in sommige rivierafzettingen overtroffen door de bijdragen van de geïndustrialiseerde samenleving (tabel I).

Vergelijking van de samenstelling van sedimentmonsters uit oude polders (ingepolderd in de zestiende eeuw) en van monsters genomen in 1922, 1958, 1970 en 1975 in het stroomgebied van de Rijn in ons land (fig. 1) toont aan, dat de metaalgehalten drastisch zijn toegenomen, van 2 ... 100 X de oorspronkelijke concentraties [1]. Reeds in 1922 waren de cadmium-, koper-, kwik-, lood- en zinkgehalten sterk verhoogd. Deze stijging zette zich voort voor alle onderzochte metalen tot omstreeks 1958, waarna de arseen-, kwik-, lood- en zinkgehalten weer afnamen. Deze daling is waarschijnlijk het gevolg van veranderingen in de produktiemethoden en van een verbod van bepaalde bestrijdingsmiddelen. De contaminatiegraad van



1. Geschiedenis van de zware metalen in Rijnsedimenten.

2. Daling van de zware-metalen-contaminatie in Rijnsedimenten op het traject Biesbosch-Europoort.



recente riviersedimenten wordt dus mede bepaald door het jaar waarin deze afgezet zijn.

Een tweede belangrijke factor is de plaats waar de sedimentatie heeft plaatsgevonden (fig. 2). De uiterwaarden worden alleen geïnundeerd bij zeer hoge rivierafvoeren. Bij deze hoge afvoeren worden behalve de gebruikelijke verontreinigde sedimenten, ook andere erosieprodukten afgevoerd. Dit resulteert in een verdunning van de verontreinigingen, waardoor de contaminatiegraad van de op de uiterwaarden afgezette sedimenten ca. 70% bedraagt van de bij normale waterafvoer afgezette sedimenten.

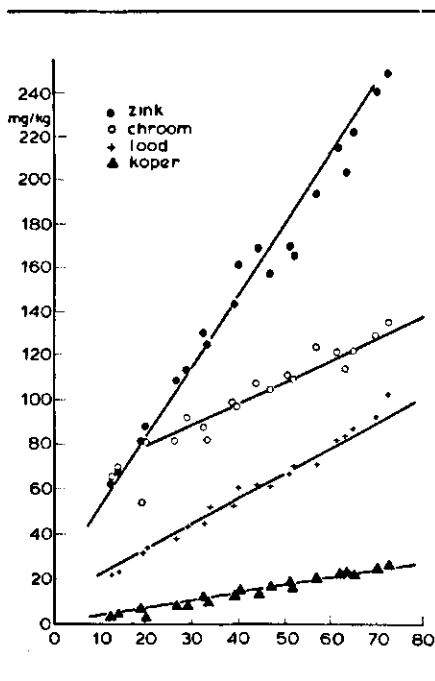
Vanaf het zoetwatergetijdengebied treedt er een vermenging op met mariene sedimenten. Ten gevolge hiervan neemt de contaminatie van de sedimenten in zeewaartse richting af, tot in de meest westelijke delen van het estuarium vrijwel zuiver marien slib wordt aangetroffen.

Voor het rivierslib dat uit de oostelijk gelegen Rotterdamse havenbekkens wordt opgebaggerd, betekent dit een gemiddelde metaalcontaminatie overeenkomende met die van de uiterwaarden, waarbij de oostelijke havens hogere gehalten hebben dan de westelijke havens. De Europoorthavens zijn door de overwegend marine sedimenten aanzienlijk minder gecontamineerd met zware metalen.

Een derde factor die de contaminatiegraad van de riviersedimenten bepaalt, is de korrelgroottesamenstelling. De metalen zijn hoofdzakelijk gebonden in de fijnere korrelgroottefracties. De concentraties zijn lineair gecorreleerd met de hoeveelheid fijnste deeltjes, uitgedrukt in het percentage deeltjes kleiner dan $16 \mu\text{m}$ in doorsnee (fig. 3).

Om de samenstelling van sedimenten uit verschillende sedimentatiegebieden

3. Correlatie tussen de hoeveelheid kleideeltjes in sedimenten ($\% < 16 \mu\text{m}$) en de zware-metalensamenstelling (in mg/kg).



te vergelijken, en om het verloop van sporenelementconcentraties met de tijd te bepalen, worden de concentraties bij $50\% < 16 \mu\text{m}$ gebruikt. Deze waarde komt overeen met de gemiddelde korrelgroottesamenstelling van de sedimenten van de uiterwaarden en van de Rotterdamse havens.

3.2. hoeveelheden rivierslib; areaal in gebruik voor landbouw en veeteelt

De gemiddelde aanvoer van rivierslib door Rijn en Maas bedraagt ca. 4 miljoen ton slib op drogestofbasis per jaar. De hoeveelheid die bij overstroming op de uiterwaarden achterblijft, is moeilijk te schatten doordat die bepaald wordt door lokale condities, waterstanden en stroomsnelheden.

De aanvoer van slib uit zee bedraagt ca. 7 miljoen ton per jaar. Met baggeractiviteiten in de havenbekkens en de Waterweg wordt jaarlijks ca. 7,5 miljoen ton slib naar zee afgevoerd; 3,5 miljoen ton slib wordt op deponieën op het land opgespoten.

Door deze overstromingen en baggeractiviteiten staat een bepaald areaal agrarische grond onder directe invloed van de gecontamineerde riviersedimenten. De uiterwaarden van Rijn en Maas beslaan gezamenlijk ca. 40 000 ha. In de Biesbosch zijn enkele stroken gecontamineerde griendgronden onlangs ingedijkt (naar schatting ca. 100 ha), en rondom Rotterdam is een deel van de met baggerslib opgespoten polders in gebruik voor de teelt van landbouwgewassen (naar schatting 300 ha).

3.3. uiterwaarden

De uiterwaarden zijn nagenoeg volledig in gebruik als grasland voor het weiden van rundvee. In vergelijking met oudere polders, zoals het Land van Maas en Waal, staat het vee in de uiterwaarden bloot aan drie bronnen van verhoogde zware-metaalbelasting: het drinkwater (= rivierwater) 12 liter per dag, het gras (15 kg droge stof per dag) en de grond (200 ... 1000 g per dag). Het aandeel van het drinkwater in de dagelijkse metaalopname is kleiner dan 1%, en wordt hier verder verwaarloosd. De gemiddelde samenstelling van het weide-

gras is bepaald, door op enkele veebedrijven gedurende het gehele weide-seizoen grasmonsters te verzamelen en te analyseren. Voor de berekening van de dagelijkse zware-metaalbelasting van het rund wordt de ingestie van gras (in kg droge stof per dag) constant verondersteld en worden de rekenkundig gemiddelde zware-metalengehalten gehanteerd. Het aandeel van de grond- en slibdeeltjes die bij het grazen worden opgenomen, bedraagt, afhankelijk van de omstandigheden (voorafgaande overstromingen, lengte van het gras) 200 ... 1000 g per dag.

onderzoek: In een onderzoek in samenwerking met de Vakgroep Toxicologie van de Landbouwhogeschool te Wageningen, met het Interuniversitair Reactor Instituut te Delft en met de Gezondheidsdienst voor Dieren te Gelderland, is gedurende enkele jaren in het weide-seizoen gras bemonsterd op enkele bedrijven in de uiterwaarden van Rijn en IJssel, in de uiterwaarden van de minder gecontamineerde Duitse rivier de Eems en in het Land van Maas en Waal (niet gecontamineerd). Op vier bedrijven zijn organen, melk en vlees van slachtdieren verzameld en geanalyseerd [2].

resultaten: De resultaten van dit onderzoek naar de hoeveelheden zware metalen die het rund via het voedsel dagelijks krijgt aangeboden, zijn voor de elementen arseen, cadmium, kwik en lood weergegeven in figuur 4. Hierin zijn de bijdragen van grond en gras voor deze elementen uitgebeeld (in mg/rund/dag) voor de Eems-uitwaarden (licht gecontamineerd), het Land van Maas en Waal (referentie) en de Rijn-uitwaarden (zwaar gecontamineerd). Uit de figuur blijkt dat het aandeel van de grond in het zware-metalenaanbod vooral in de uiterwaarden bijzonder groot is. Daar aangenomen mag worden dat de resorptie van metalen uit grond en gras gelijk is, mag men de situatie in de Rijn-uitwaarden aanzienlijk ongunstiger noemen dan in de beide andere gebieden.

Bij de analyse van melk, vlees en organen van 15 koeien uit de uiterwaarden van Rijn en IJssel, en van 7 koeien uit het Land van Maas en Waal, blijkt dat deze verschillen niet betrouwbaar tot uiting

komen in de gehalten van de onderzochte produkten. De resorptie is klaarblijkelijk zeer gering. Een overeenkomstige berekening voor schapen toont echter aan dat de grenswaarde voor koper van 15... 20 mg per kg in het dieet ruimschoots wordt overschreden. In de uiterwaarden vindt men dan ook geen schapen.

Voortgezet onderzoek over de overdracht van metalen in rivierslib naar het rund vindt plaats bij het Instituut voor Veevoedingsonderzoek 'Hoorn' te Lelystad.

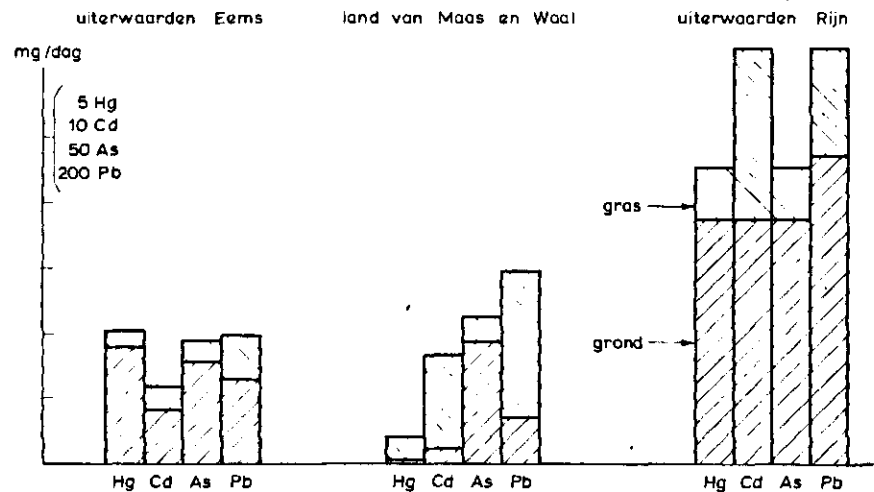
3.4. landbouw op havenslib

Jaarlijks moet een aanzienlijke hoeveelheid baggerspecie uit de Rotterdamse havens worden afgevoerd, naar zee of op land. Voor de berging op 'loswallen' op land worden polders in lagen van ca. 1 meter volgespoten met in totaal 6... 10 m slib en na ontwatering (rijping) gebruikt voor de aanleg van industrieterreinen, voor woningbouw en, ten dele, ook voor akkerbouw. Een bekend voorbeeld van de laatste toepassing is de Broekpolder bij Vlaardingen. De samenstelling van de voor de landbouw interessante top laag van de loswallen is, zoals eerder besproken, afhankelijk van:

- het jaar van afzetting van de sedimenten;
- de haven van herkomst van het baggerslib;
- de granulometrische samenstelling;
- de aanwezigheid van eventuele lokale contaminatiebronnen in de desbetreffende haven.

Bovendien ontstaat bij het opspuiten enige ontmenging: de grovere (zand) deeltjes worden eerder afgezet dan de fijnere (klei)deeltjes. Hierdoor kunnen relatief grote verschillen in samenstelling binnen één spuitvak ontstaan.

Er is een uitvoerig onderzoek ingesteld naar de zware-metalensamenstelling van land- en tuinbouwgewassen die geteeld worden op havenslib. Dit is onderzocht door uitvoerige bemonstering van grond en gewassen in de praktijksituatie en in een aantal potproeven onder beter gecontroleerde omstandigheden. In de potproeven kwamen problemen aan de orde als: zware-metalenopname door wortel-, blad- en zaadgewassen;



4. Zware-metalenbelasting van runderen, in mg/rund/dag op veebedrijven op:

- licht gecontamineerde uiterwaarden-grond langs de Eems (BRD),
- niet-gecontamineerde rivierklei in het Land van Maas en Waal, en
- sterk gecontamineerde uiterwaarden-grond langs Rijn en IJssel.

bestrijding van mangaangebrek in gewassen op havenslib; opname van pesticiden door consumptiegewassen. Als referentie is steeds een niet-gecontamineerde rivierklei uit de Dordtse Biesbosch gebruikt [3].

resultaten: In alle gewassen treedt, in vergelijking met de gewassen geteeld op de niet-gecontamineerde rivierkleigrond, een matige tot sterke verhoging (2... 20 X) op van de metaalgehalten van vrijwel alle onderzochte gewassen. Mede door de grote spreiding in de herkomst van het slib is de spreiding in de metaalgehalten in de gewassen zeer groot. Op de belangrijke vraag boven welke metaalconcentraties in de grond beperkingen voor het landbouwkundig gebruik noodzakelijk zijn, wordt later nader ingegaan.

4. zuiveringsslib

Van de geschatte produktie van zuiveringsslib van 250 000 ton droge stof per jaar wordt ca. 100 000 ton in de landbouw afgezet. Bij de door de landbouw

voorlichting geadviseerde giften van 1 ton per hectare grasland en 2 ton per hectare akkerbouwland zou dit betekenen, dat 50 000 à 100 000 hectare landbouwgrond met zuiveringsslib wordt behandeld.

4.1. zware-metalen in zuiveringsslib

De zware-metalensamenstelling van zuiveringsslib wordt geheel bepaald door de samenstelling en herkomst van het afvalwater dat aan zuivering wordt onderworpen. Relatief lage metaalgehalten in het slib mag men verwachten, als uitsluitend het afvalwater van de huishouding en in het riool opgevangen regenwater wordt gezuiverd. Dit slib van 'huishoudelijke' herkomst wordt met zekere beperkingen in de landbouw gebruikt. De metaalgehalten, betrokken op droge stof, mogen daarbij de volgende waarden niet overschrijden: Zn 2000 mg/kg; Cu, Cr en Pb 500 mg/kg, Ni 100 mg/kg en Cd en Hg 10 mg/kg. Indien deze metaalgehalten door een verhoogde bijdrage van industrieel afvalwater worden overschreden, wordt toepassing in de landbouw ontraden (Advies van het Consulentenschap voor bodemaangelegenheden in de landbouw).

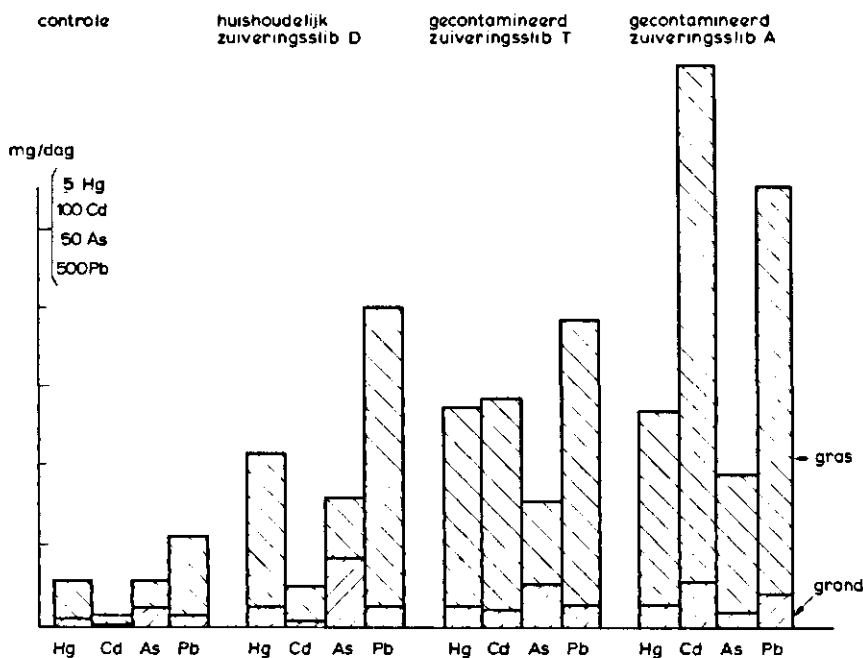
Een indruk van de actuele gehalten van zuiveringsslib geeft tabel II. Deze zijn afkomstig van 200... 300 monsters die tussen oktober 1972 en maart 1976 door het Bedrijfslaboratorium voor Grond en Gewasonderzoek te Oosterbeek op zware metalen zijn onderzocht [4].

4.2. toepassing op grasland

In de praktijk wordt het slib meestal met een giertankwagen versproeid over het afgegraasde land. Na hergroei van het gras (4 ... 6 weken) wordt het vee weer toegelaten. Deze wijze van toepassing heeft een sterke uitwendige besmetting van het gras tot gevolg, waardoor het vee vrij veel zuiveringsslib binnenkrijgt (b). Dit geeft een verhoging van de zware-metaalbelasting, zoals blijkt uit figuur 5. Hierin wordt op overeenkomstige wijze als voor runderen op de uiterwaarden (fig. 4) het dagelijkse aanbod van zware metalen met het voedsel weergegeven voor enkele praktijksituaties. Bij vergelijking van figuur 4 en 5 valt het op, dat de belasting van runderen met As, Hg en Pb in situaties met sterk verontreinigd zuiveringsslib vergelijkbaar is met die van runderen in de uiterwaarden. Bij het onderzoek van twaalf slachtdieren blijkt dat de gehalten aan As, Hg en Pb in de lever en nieren niet beïnvloed worden. De cadmiumbelasting is echter aanzienlijk, ca. 50 X hoger dan in de controlebedrijven zonder zuiveringsslib. Het cadmiumgehalte van de organen neemt dan ook sterk toe. Het advies van het Consulentenschap luidt dat ook: het slib uitsluitend in de winterperiode op het grasland verspreiden, bij voorkeur voor een hooisnede. Men mag verwachten dat de zware-metalenbelasting dan tot een acceptabel niveau wordt teruggebracht.

4.3. toepassing van zuiveringsslib op bouwland

In de akkerbouw wordt zuiveringsslib toegepast als organische meststof met een vrij hoog stikstof- en fosfaatgehalte. Na de bemesting wordt het slib door de grond gemengd, zodat een uitwendige besmetting van de te verbouwen gewassen vrijwel geheel wordt vermeden. Ook bij gebruik van 'huishoudelijk' zuiveringsslib overtreft de aanvoer van zware metalen de afvoer door de oogstproducten; er ontstaat dus een ophoping in de grond. Op den duur kunnen de metalen nadelige effecten hebben, hetzij op de gewassamenstelling, hetzij op de gewasproductie. Door de dosering te beperken tot 2 ton droge stof per hectare per jaar, worden de



5. Zware-metalenbelasting van runderen, in mg/rund/dag op veebedrijven die:
 – geen huishoudelijk zuiveringsslib 'D', en industrieel gecontamineerd zuiveringsslib 'T' en 'A' gedurende verscheidene jaren hebben toegepast.

maximaal toelaatbare metaalgehalten van de grond pas na 80 ... 100 jaar bereikt. Door zuivering aan de bron en door andere beheersmaatregelen zal de zware-metalenbelasting van het zuiveringsslib verder afnemen.

Uiteindelijk zal gestreefd moeten worden naar een situatie waarin de metaalgehalten van de grond niet meer toenemen, waarbij men ook de overige bronnen van zware metalen (kunstmest, varkensmest, neerslag) in beschouwing moet nemen.

De lange-termijneffecten van zuiveringsslib zijn onderzocht in potproeven aan het Instituut voor Bodemvrucht-

baarheid door een zandgrond voor respectievelijk 0, 1, 2, 5, 10, 20, 50 en 100 volumeprocent te vervangen door voorgedroogd slib, en hierop achtereenvolgens een twintigtal gewassen te verbouwen [5]. Een opvallend resultaat is dat de negatieve zware-metaaleffecten veelal pas bij langer voortgezette proeven optreden. Een begin is gemaakt met een serie veldproeven met zuiveringsslib op akkerbouwpercelen in verschillende regio's.

5. volksgezondheidsaspecten

Op beide slibsoorten die in dit artikel behandeld zijn, rivierslib als substraat en zuiveringsslib als meststof, kunnen de zware-metaalgehalten van de land- en tuinbouwgewassen die er op geteeld worden, aanzienlijk verhoogd worden. De betekenis van deze toegenomen metaalconcentraties voor de humane en dierlijke gezondheid is afhankelijk

tabel II. Zware metalen in zuiveringsslib.

metaal	gemiddelde mg/kg droge stof	spreiding	maximumgehalte huishoudelijk slib
koper	492	140 ... 1287	500
zink	1647	639 ... 4770	2000
chroom	220	24 ... 1249	500
lood	385	150 ... 989	500
nikkel	60	10 ... 357	100
cadmium	8	3 ... 84	10
kwik	2,2	0,5 ... 16	10
arseen	8,5	0 ... 15	-

van de giftigheid van het relevante metaal en van de totale belasting van het voedsel en van de omgeving. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) heeft voor enkele toxische elementen vastgesteld welke hoeveelheden een volwassen mens dagelijks binnen mag krijgen (acceptable daily intake (ADI)):

arseen	3000 µg per dag
cadmium	70 µg per dag
kwik	43 µg per dag
lood	430 µg per dag

Uit deze waarden kan men normen afleiden voor de levensmiddelen die mede bepaald zullen worden door de samenstelling van het dieet, van de totale voedselopname en van andere bronnen van contaminanten, zoals luchtbesmetting (lood) en tabaksverbruik (cadmium). In de Duitse Bondsrepubliek (BRD) zijn al voorlopige normen gepubliceerd voor deze vier elementen in levensmiddelen. In ons land zijn normen in voorbereiding.

De metaalconcentraties in consumptiegewassen die op rivierslib verbouwd

zijn, liggen voor As, Hg en Pb steeds onder deze voorlopige (Duitse) normen. Ook de Cr-, Cu- en Ni-gehalten liggen op een acceptabel niveau.

Cadmium overschrijdt voor verscheidene gewassen de voorgestelde grenswaarden. Zelfs op de kalkrijke, zware rivierkleigronden wordt nog zoveel cadmium opgenomen, vooral in bladgewassen en in tarwe, dat de norm wordt overschreden. Ook bij de teelt van ruwvoedergewassen voor de veevoeding zowel op rivierslib als op zuiveringsslib is waakzaamheid geboden.

Om te kunnen garanderen dat de consumabele produkten van land- en tuinbouw en van de veeteelt voldoen aan de eisen van de volksgezondheid, is een inzicht vereist in de overdracht van de verschillende metalen naar de gewassen. Verschillende instituten in binnen- en buitenland houden zich intensief met deze problematiek bezig, om te komen tot een verantwoord gebruik van rivierslib, zuiveringsslib en andere gecontamineerde produkten.

literatuur

1. Salomons, W., A. J. de Groot: Pollution history of trace metals in sediments, as affected by the Rhine river. Uit: Krumbein, W. E., 1978. Environmental biogeochemistry and geomicrobiology. Vol. I: The aquatic environment. Ann. Arbor. Sci., Mich. 149-162.
2. Ven, W. S. M. van der, J. Gerbens, W. van Driel, J. J. M. de Goeij, P. S. Tjoe, C. Holzhauser, J. H. P. Verwey: Spoor-elementgehalten in koeien uit gebieden langs Rijn en IJssel. Landbk. Tijdschrift. Pt 89 (1977) 262-269.
3. Driel, W. van, B. J. van Goor, K. W. Smilde: Zware metalen in havenslib en enkele daarop verbouwde gewassen. Inst. Bodemvruchtbaarheid, 1977. Nota 42.
4. Haan, S. de: Yield and composition of grass grown on soil treated with sewage sludge. Proc. 7th Gen. Meeting Eur. Grassl. Fed. Gent (1978), 9.33-9.40.
5. Haan, S. de: Die chemische Zusammensetzung von Gewächsen auf mit Klärschlamm behandelten Böden. Landw. Forsch. Sonderheft 31 (1975) 220-233.
6. Driel, W. van: Onderzoek naar de invloed van jarenlange intensieve bemesting met zuiveringsslib op de zware-metaalsamenstelling van grond en gras van landbouwpercelen van het Trappistenklooster 'de Koningshoeven' te Moergestel. Inst. Bodemvruchtbaarheid. 1974. Nota 10.