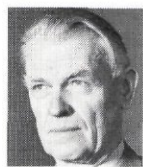


Inleiding

Op initiatief en op kosten van de STORA (Stichting Toegepast Onderzoek Reiniging Afvalwater te Rijswijk) is in de periode 1977-1982 een serie van zes veldproeven uitgevoerd op bouwlandpercelen in verschillende delen van Nederland, om zoveel mogelijk onder praktijkomstandigheden de effecten van zuiveringsslib te bestuderen. De positieve effecten worden voornamelijk veroorzaakt door de aanwezigheid van stikstof, fosfor en organische stof in het slib, de negatieve effecten door zware metalen.



S. DE HAAN
Instituut voor Bodem-
vruchtbaarheid, Haren (Gr.)

Een interessant effect van zuiveringsslib en van organische meststoffen in het algemeen is het zogenaamde resteffect, waaronder wordt verstaan de som van de effecten die met enkel kunstmest in optimale hoeveelheden niet kunnen worden verkregen. Het resteffect kan een organische-stofeffect zijn, veroorzaakt door het via mineralisatie langzaam beschikbaar komen van plantevoedende elementen, of een effect op de fysische toestand van de grond, of van mineralen in de organische meststof waarmee bij bemesting met enkel kunstmest niet of onvoldoende rekening wordt gehouden. Het resteffect is gewoonlijk positief, maar zou in geval van zuiveringsslib negatief kunnen zijn vanwege te hoge gehalten aan zware metalen. Het onderzoek is uitgevoerd onder leiding van het PAGV (Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond te Lelystad) in samenwerking met het IB (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren).

Uitvoering van het onderzoek

Het onderzoek is uitgevoerd op of vanuit de volgende proefboerderijen: A. G. Mulderhoeve te Emmercompasuum, prof. dr. J. M. van Bemmelenhoeve te Wieringerwerf, Feddemaheerd te Kloosterburen, De Kandelaar te Biddinghuizen, Rusthoeve te Colijnsplaat (proefveld De Feyter, Cadzand) en Wijnandsrade te Wijnandsrade. Enkele van de meest relevante kenmerken van de grond van de verschillende proefvelden staan in tabel I. De proefvelden zijn daarin aangeduid in de volgorde waarin de proefboerderijen zijn genoemd als AGM 316, BEM 265, FH 86, KL 289, RH 400 en WR 158. AGM 316 is

een veenkoloniale grond met een hoog humusgehalte en een vrij lage pH; BEM 265, FH 86, KL 289 en RH 400 zijn kleigronden met verschillen in klei-, humus- en kalkgehalte, en WR 158 is een zwak zure lössgrond. De genoemde eigenschappen zijn vooral van belang in verband met de belastbaarheid van de grond met zware metalen. Op AGM 316 en BEM 265 is het onderzoek na 1982 voortgezet, maar die periode blijft hier buiten beschouwing.

De vruchtopvolgning op de proefvelden was in het algemeen suikerbieten - graan - aardappelen - graan, maar er waren enkele uitzonderingen op de regel. In totaal zijn in de periode 1977-1982 elfmaal suikerbieten verbouwd, tienmaal aardappelen en vijftien maal een graangewas (= tarwe met uitzondering van eenmaal haver en eenmaal gerst). De verschillende proefvelden zijn in de jaren waarin hakvruchten (suikerbieten of aardappelen) werden verbouwd, bemest met zuiveringsslib in hoeveelheden overeenkomende met 0, 10 en 20 ton droge stof per hectare. In het algemeen is in de periode 1977-1982 driemaal slib gegeven, alleen op WR 158 viermaal en op AGM 316 vijfmaal. De toegediende slibhoeveelheden waren belangrijk groter dan de volgens de Richtlijn van de Unie van Waterschappen toegestane hoeveelheid van 2 ton droge stof per ha per jaar. Dat is gedaan met het oog op de meetbaarheid van mogelijke zware-metaal-

effecten. Bij de volgens de Unierichtlijn toegestane hoeveelheden kan het jaren duren voordat zulke effecten meetbaar worden. Het slib was in het algemeen afkomstig van een in de nabijheid van het proefveld gelegen zuiveringsinstallatie met behandeling van alleen of nagenoeg alleen huishoudelijk afvalwater. Het slib was in het algemeen op droogvelden op natuurlijke wijze voortontwaterd. Alleen op AGM 316 is de eerste twee keer vloeibaar slib gegeven. De meest relevante kenmerken van het op de verschillende proefvelden gebruikte slib zijn weergegeven in tabel II.

Het hoofdeffect van slib is in het algemeen het stikstofeffect. Om dit goed te kunnen meten zijn de slibvelden in de jaren waarin slib werd gegeven onderverdeeld in vijf stroken, waarop verschillende hoeveelheden kunstmest-N zijn gegeven, nl. 0, 50, 100, 150 en 200 kg per ha, zowel voor suikerbieten als voor aardappelen. Met behulp van deze kunstmest-N-hoeveelheden konden opbrengstcurves geconstrueerd of berekend worden met behulp waarvan het stikstof- en ook het eventuele resteffect kan worden bepaald. Met de andere plantevoedende elementen in het slib is bij de bemesting geen rekening gehouden. Deze was in het algemeen zodanig dat ook zonder slib maximale opbrengsten verkregen konden worden. De hakvruchten zijn per slibtrap en per kunstmest-N-trap onderzocht op gehalten

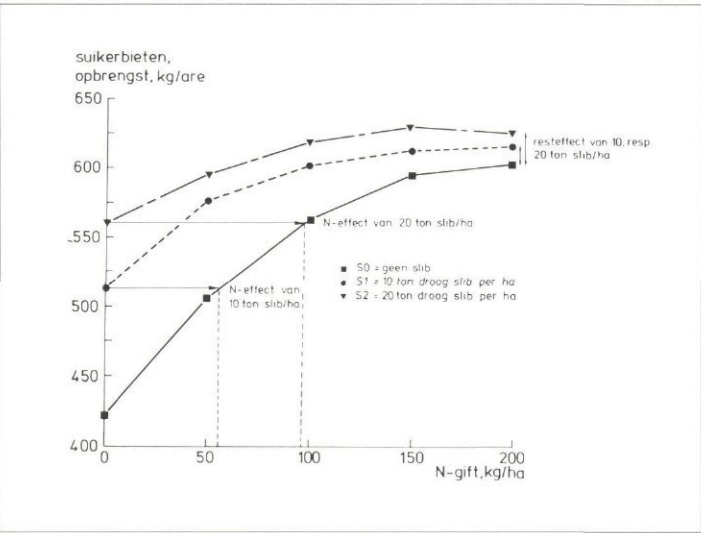
TABEL I – Enkele kenmerken van de proefpercelen eind 1976. Gehalten in % of mg/kg van de droge grond, tenzij anders aangegeven.

	AGM 316	BEM 265	FH 86	KL 289	RH 400	WR 158
pH-KCl (1 n)	5,8	7,2	7,1	7,1	7,3	6,3
% afslibbaar	n.b.	26	12	52	40	28
% humus	14,7	3,9	2,0	4,0	5,0	3,2
% N (totaal)	0,24	0,11	0,07	0,18	0,13	0,10
Pw-getal (mg/liter)	25	10	57	20	8	29
kaligehalte (mg/100 g)	11	16	14	50	27	14
% kalk (CaO)	0,86	6,72	0,66	5,74	8,28	0,35
MgO/NaCl (mg/kg)	134	74	133	336	138	111
mg/kg Cd (totaal)	0,18	0,07	0,04	0,05	0,06	0,46
mg/kg Cu (0,43 HNO ₃)	8,5	14,6	2,6	6,1	3,6	5,6
mg/kg Mn (totaal)	216	500	178	854	384	483
mg/kg Ni (totaal)	1,8	14,1	7,0	27,9	17,6	12,3
mg/kg Zn (totaal)	27	56	29	100	64	87

TABEL II – Chemische samenstelling van het op de verschillende proefpercelen gebruikte zuiveringsslib, gemiddeld over de proefperiode. Gehalte in % of mg/kg droog slib.

	AGM 316	BEM 265	FH 86	KL 289	RH 400	WR 158
pH-H ₂ O	7,2	7,3	6,8	7,2	7,4	7,1
% organische stof	47,7	37,4	53,5	38,3	64,5	61,6
% N-totaal	4,83	2,66	2,11	1,75	3,00	2,20
% N-mineraal	1,82	0,84	0,19	0,44	0,25	0,18
% P ₂ O ₅	3,35	4,82	2,81	1,83	3,76	4,11
% K ₂ O	0,46	0,24	0,24	0,13	0,27	0,22
% CaO	2,36	4,46	3,15	1,82	4,07	3,70
% MgO	0,42	0,53	0,39	0,19	0,33	0,35
% Na ₂ O	0,25	0,11	0,10	0,06	0,11	0,05
% Cl	0,24	0,12	0,12	0,05	0,16	0,06
mg/kg Cd-totaal	4,33	4,77	3,75	2,78	4,99	5,66
id. Cu-totaal	533	308	400	82	480	287
id. Mn-totaal	199	1.556	394	574	542	700
id. Ni-totaal	17	25	15	24	29	84
id. Zn-totaal	930	1.588	868	536	1.193	1.071

* Dit artikel werd geschreven op verzoek van de Slibcommissie NVA en is een samenvatting van een door De Haan et al. [1985a] geschreven uitvoerig rapport.

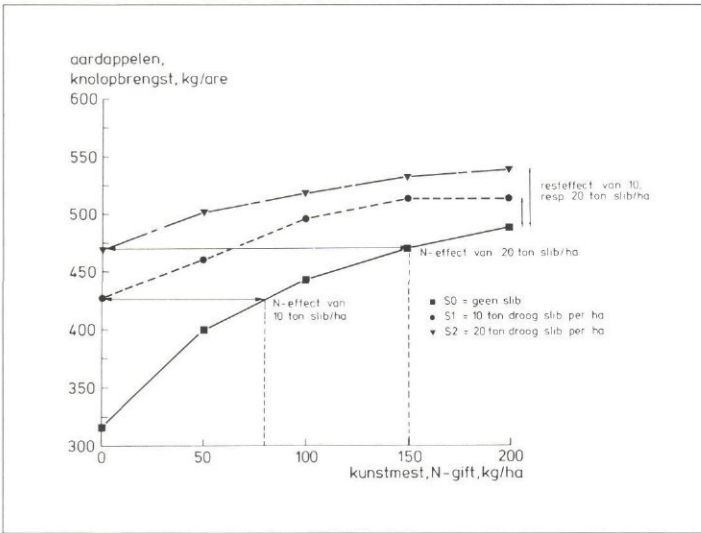


Afb. 1 - Opbrengstlijnen voor de bietenopbrengst bij verschillende slijbgiften en aanduiding van het stikstof- en resteffect van het slijb. Gemiddeld over de proefjaren.

aan N en P. Slijb bevat relatief veel fosfor en het fosfaatgehalte van het gewas geeft informatie over het effect van slijb als fosfaatmeststof, hoewel in dit onderzoek bij een voldoende voorziening van het gewas met kunstmestfosfaat in dit opzicht geen grote effecten verwacht konden worden. Suikerbieten werden verder nog onderzocht op het suikergehalte en de gehalten aan α -amino-N, K en Na in het suikerfiltraat. De laatstgenoemde componenten hebben in het algemeen een negatieve invloed op de

winbaarheid van de suiker. Van de aardappelknollen is verder nog de sortering en het onderwatergewicht bepaald, het laatste als maat voor het zetmeel- en droge-stofgehalte.

Alle gewassen zijn per slijbtrap onderzocht op gehalte aan cadmium, koper, mangaan, nikkel en zink. Dat zijn de zware metalen, die in het algemeen het sterkst door bemesting met zuiveringsslijb beïnvloed worden. Mangaan is er bij genomen omdat een verhoging van het zinkgehalte soms gepaard



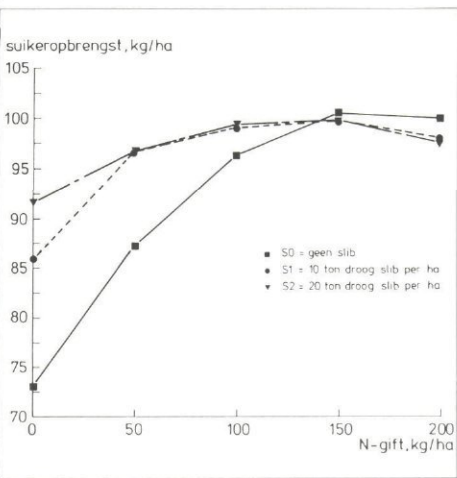
Afb. 3 - Opbrengstlijnen voor de knolopbrengst van aardappelen bij verschillende slijbgiften en aanduiding van het stikstof- en resteffect op de knolopbrengst.

Resultaten gewasonderzoek
Suikerbieten
De over de proefvelden en jaren gemiddelde bietenopbrengsten zijn grafisch weergegeven in afb. 1. Men kan uit deze afb. afleiden, dat de opbrengst zonder slijb bij een kunstmest-N-gift van 200 kg per ha nauwelijks nog toeneemt. Bij deze N-gift is het resteffect ca. 10 kg bieten per are of 1 ton per ha per 10 ton droog slijb. Het stikstofeffect van 10 ton slijb komt overeen met het effect van 55 kg kunstmest-N. Gemiddeld bevat 10 ton slijb

TABEL III – Invloed van zuiveringsslijb op het suikergehalte van suikerbieten, gemiddeld over de proefjaren.

		Kunstmest-N-gift, kg/ha				
		0	50	100	150	200
slijb, ton ds/ha	0	17,22	17,27	17,12	16,93	16,59
	10	16,67	16,75	16,44	16,28	15,87
	20	16,37	16,25	16,07	15,85	15,62

Afb. 2 - Opbrengstlijnen voor de suikeropbrengst verschillende slijbgiften. Gemiddeld over de proefjaren.



gaat met een verlaging van het mangaangehalte [De Haan et al, 1985b]. In extreme gevallen kan dit aanleiding geven tot mangaangebrek. Ook het kalkgehalte van het slijb kan aanleiding geven tot mangaangebrek. De grond is na de oogst van het gewas in 1982 onderzocht op alle elementen die ook bij het begin van het onderzoek bepaald zijn, en verder elk voorjaar op de hoeveelheid N-min (minerale stikstof in het profiel tot een diepte van 1 m) als maat voor het te verwachten stikstofeffect van de grond en de toename daarvan door slijb.

TABEL IV – Invloed van zuiveringsslijb op de gehalten aan α -amino N, K en Na in het suikerfiltraat, gemiddeld over de proefjaren met suikerbieten.

		Kunstmest-N-gift, kg/ha				
		0	50	100	150	200
<i>alpha-amino N, meq/l 100 g suiker</i>						
slijb, ton ds/ha	0	10,8	11,3	12,6	14,5	17,2
	10	14,6	15,1	17,7	19,3	21,9
	20	17,1	18,7	20,9	22,5	24,9
<i>K, meq/l 100 g suiker</i>						
slijb, ton ds/ha	0	28,7	29,0	28,7	29,4	30,3
	10	31,5	30,4	31,2	31,5	32,7
	20	32,3	32,4	33,0	33,7	35,2
<i>Na, meq/l 100 g suiker</i>						
slijb, ton ds/ha	0	2,0	2,3	2,5	2,8	3,2
	10	3,3	3,1	3,9	4,0	4,6
	20	3,7	4,1	4,6	4,9	5,3

275 kg N. Het effect hiervan komt dus overeen met het effect van 55 kg kunstmest-N. Men zegt dan dat de werkingscoëfficiënt van slijb-N 20% is. Voor de slijbgift van 20 ton per ha is de werkingscoëfficiënt iets lager, in overeenstemming met de wet van de afnemende meeropbrengst. Omdat de boer niet voor de bieten betaald wordt, maar voor de suiker, is de invloed van het slijb op het suikergehalte van de bieten erg belangrijk. Het gemiddelde effect van de kunstmest-N- en slijbgiften op het suikergehalte van de bieten is weergegeven in tabel III. Van beide factoren is het effect

negatief, maar dat van slib is sterker negatief dan men op grond van zijn effect op de bietenopbrengst zou verwachten.

Als gevolg van het negatieve effect op het suikergehalte is er geen positief effect van het slib op de maximale suikeropbrengst (afb. 2). Deze is ca. 100 kg per are (1 kg per m²) en wordt zonder slib bereikt bij een kunstmest-N-gift van ca. 150 kg per ha en door slib niet verhoogd. Bij een kunstmest-N-gift van 200 kg per ha is het effect negatief als gevolg van stikstofovermaat.

Behalve een verlaging van het suikergehalte veroorzaakt slib een verhoging van de gehalten aan α -amino-N, K en Na, uitgedrukt in meq/100 g suiker (tabel IV). Verhoging van deze gehalten resulteert in een verlaging van de hoeveelheid winbare suiker. De winbaarheid van de suiker wordt tot dusver in de bietenprijs niet verdisconteerd, maar voor de toekomst moet daar rekening mee worden gehouden.

Het stikstofgehalte van de biet wordt zowel door kunstmest-N als door slib vrij sterk verhoogd (tabel V). Er is een vrij sterk negatieve correlatie tussen stikstof- en suikergehalte ($r = -0,71$) en dit verband heeft een fysiologische achtergrond. Een sterk stikstofaanbod aan het gewas bevordert de vorming van aminozuren, zoals ook blijkt uit de verhoging van het gehalte aan α -amino-N in het suikerfiltraat, ten koste van de suikervorming.

Het fosfaatgehalte van de biet wordt door kunstmest-N enigszins verlaagd en door slib verhoogd (tabel VI). Dat het effect van het slib op het fosfaatgehalte van de biet niet groter is vindt zijn oorzaak in het feit dat de fosfaatvoorziening van het gewas ook zonder slib voldoende was.

Het effect van het slib op de gehalten aan

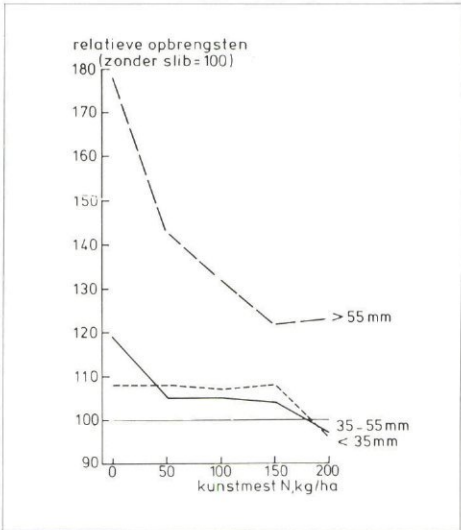
cadmium, koper, mangaan, nikkel en zink in de biet is weergegeven in tabel VII.

De gehalten zijn niet of nauwelijks door bemesting met slib beïnvloed. Alleen de verhoging van het zinkgehalte was statistisch significant ($P > 95\%$).

In bietenloof plus kop waren de gehalten ongeveer driemaal zo hoog als in de biet, althans op droge-stofbasis. Alleen voor fosfor was deze verhouding duidelijk lager. Stelt men de gemiddelde gehalten in de biet op 100 dan zijn de overeenkomstige waarden voor loof plus kop als volgt: N 272, P 174, Cd 313, Cu 257, Mn 279, Ni 310 en Zn 302.

Aardappelen

Het effect van de kunstmest-N- en slib-hoeveelheden op de over de proefvelden en jaren gemiddelde aardappelknolopbrengst is grafisch weergegeven in afb. 3. Bij een kunstmest-N-gift van 200 kg/ha bedroeg het resteffect ca. 25 kg knollen per are bij een slibgift van 10 ton droge stof/ha. Dat is een verhoging van de met enkel kunstmest bereikte opbrengst van ca. 5%. De maximale knolopbrengst was echter met 200 kg kunstmest-N per ha nog niet bereikt. De stikstofwerking van het slib kwam overeen met 80 kg kunstmest-N bij 10 en met 150 kg bij 20 ton slib. De werkingscoëfficiënt van slib-N gemeten aan de aardappelknolopbrengst was hier dus bijna 30%. In afb. 4 zijn de opbrengsten van de sorteringen <35, 35-55 en >55 mm gemiddeld over de beide slibtrappen weergegeven als percentages van de gemiddelde opbrengsten zonder slib, die hier voor elke kunstmest-N-gift op 100 zijn gesteld. Uit de afb. blijkt, dat de opbrengst van de grofste sortering het sterkst door slib is beïnvloed. Een soortgelijk effect geeft ook stalmest



Afb. 4 - Opbrengsten aan aardappelknollen <35, 35-55 en >55 mm met slib, gemiddeld over de slibtrappen, in procenten van de opbrengsten zonder slib.

[De Haan, 1970]. Bij de hoogste kunstmest-N-gift was er nog een meeropbrengst aan grote knollen van meer dan 20%. Voor de andere grootteklassen was het slibeffect hier negatief.

Het effect van kunstmest-N en slib op het onderwatergewicht van de knollen is weergegeven in tabel VIII. Evenals het suikergehalte van de bieten wordt het onderwatergewicht van aardappelknollen zowel door kunstmest-N als door slib verlaagd.

Het onderwatergewicht wordt alleen bij de teelt van fabrieksaardappelen in de prijs verdisconteerd. In dit onderzoek werden fabrieksaardappelen alleen verbouwd op AGM 316.

Het stikstofgehalte van de aardappelknollen werd zowel door kunstmest-N als door slib

TABEL V – Effect van zuiveringsslib op het stikstofgehalte van suikerbieten (% N in de droge stof), gemiddeld over de proefjaren.

		Kunstmest-N-gift, kg/ha				
		0	50	100	150	200
slib, ton ds/ha	0	0,62	0,63	0,67	0,72	0,77
	10	0,68	0,71	0,76	0,78	0,85
	20	0,72	0,77	0,80	0,85	0,87

TABEL VI – Effect van zuiveringsslib op het fosfaatgehalte van suikerbieten (% P₂O₅ in de droge stof), gemiddeld over de proefjaren.

		Kunstmest-N-gift, kg/ha				
		0	50	100	150	200
slib, ton ds/ha	0	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39
	10	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41
	20	0,44	0,43	0,43	0,43	0,42

TABEL VII – Invloed van zuiveringsslib op het gehalte (in mg/kg droge stof) aan cadmium, koper, mangaan, nikkel en zink in de suikerbiet, gemiddeld over de proefjaren.

		Cd	Cu	Mn	Ni	Zn
slib, ton ds/ha	0	0,17	3,9	37	0,3	22
	10	0,18	4,0	41	0,4	29
	20	0,19	4,0	36	0,3	29

TABEL VIII – Invloed van zuiveringsslib op het onderwatergewicht van aardappelknollen, uitgedrukt in g/5 kg knollen, gemiddeld over de proefjaren.

		Kunstmest-N-gift, kg/ha				
		0	50	100	150	200
slib, ton ds/ha	0	447	440	431	418	410
	10	429	427	412	409	399
	20	418	413	402	398	391

TABEL IX – Invloed van zuiveringsslib op het stikstofgehalte van aardappelknollen (% N in de droge stof), gemiddeld over de proefjaren.

		Kunstmest-N-gift, kg/ha				
		0	50	100	150	200
slib, ton ds/ha	0	1,08	1,13	1,31	1,43	1,55
	10	1,28	1,34	1,52	1,62	1,74
	20	1,43	1,52	1,59	1,71	1,79

TABEL X – Invloed van zuiveringsslib op het fosfaatgehalte van aardappelknollen (% P₂O₅ in de droge stof), gemiddeld over de proefjaren.

		Kunstmest-N-gift, kg/ha				
		0	50	100	150	200
slib, ton ds/ha	0	0,54	0,50	0,48	0,49	0,47
	10	0,56	0,52	0,51	0,51	0,53
	20	0,57	0,57	0,57	0,55	0,55

vrij sterk verhoogd (tabel IX). Het fosfor-gehalte van de knollen werd door kunstmest-N iets verlaagd en door slib iets verhoogd (tabel X). De gehalten aan zware metalen in de knollen zijn door slib slechts in geringe mate beïnvloed (tabel XI). Alleen de verhoging van het koper- en zinkgehalte was statistisch significant ($P > 95\%$).

Granen

In de jaren waarin graan verbouwd werd, kon worden nagegaan of er een nawerking was van het aan de hakvruchten verstrekte slib. In de graanjaren waren er geen stikstof-trappen. Wel werd bij de bepaling van de voor een optimale opbrengst noodzakelijke stikstofgift rekening gehouden met de minerale stikstof in het profiel in het voorjaar en de toename daarvan door slib. Gemiddeld over de proefjaren werd bij de verschillende slibtrappen (S0, S1, S2) 98, 95 en 85 kg kunstmest-N per ha gegeven. De gemiddelde korrelopbrengsten, omgerekend op 84% droge stof, waren voor S0, S1 en S2 resp. 7.120, 7.520 en 7.760 kg per ha. Er was dus een duidelijk positieve nawerking van het slib.

De gemiddelde gehalten aan cadmium, koper, mangaan, nikkel en zink in de graan-korrel staan in tabel XII. Het enige statistisch betrouwbare effect is een geringe verhoging van het zinkgehalte door de hoogste slibgift.

Resultaten grondonderzoek

Minerale stikstof in het profiel in het voorjaar
Gemiddeld over de proefvelden en jaren bedroeg de hoeveelheid N-min in het profiel in het voorjaar voor de grond zonder slib 64 kg per ha. De toename door slib was gemiddeld 2,4 kg N per ton droog slib in het

toedieningsjaar en 1 kg in het eerste nawerkingsjaar. Of er in latere jaren nog nawerking was, kon in dit onderzoek niet worden nagegaan. Voorzover die er was, zat het in de gemiddelde waarden. De toename van N-min in het profiel in het voorjaar was gemiddeld ca. 25% groter dan de hoeveelheid N-min in het slib bij toediening in de voorafgaande herfst. Er heeft dus in de tussenliggende periode nog enige mineralisatie van organisch gebonden slib-N plaatsgehad. Dat proces is uiteraard in het daaropvolgende zomerhalfjaar doorgegaan.

Resultaten van het grondonderzoek in de herfst van 1982

De bedoeling van dit onderzoek was na te gaan in hoeverre de samenstelling van de grond door bemesting met slib was gewijzigd. Drukt men de waarden voor de grond met slib, gemiddeld over de beide slibtrappen, uit als percentage van de waarden voor de grond zonder slib, dan krijgt men gemiddeld over de proefvelden voor de verschillende onderzochte kenmerken de waarden zoals weer-gegeven in tabel XIII.

Voor al het gehalte aan in water oplosbaar fosfaat en aan totaal koper is door zuiverings-slib verhoogd. Alle gehalten aan zware metalen in de grond bleven ruimschoots beneden de op dit moment als kritiek bestempelde waarden. Van praktisch belang is vooral de verbetering van de fosfaat-toestand van de grond. Het effect van de bemesting met slib op het Pw-getal als maat voor het voor het gewas beschikbaar fosfaat is voor de verschillende proefvelden weer-gegeven in tabel XIV. Het blijkt, dat het effect op BEM 265 en KL 289 vrij gering is geweest. Dat hangt samen met het hoge

kalkgehalte van deze nog jonge kleigronden. Voor deze gronden geeft het Pw-getal de beschikbaarheid van het fosfaat minder goed weer.

Bespreking van de resultaten

Evenals stalmest is zuiveringsslib als organische meststof voor het gewas in de eerste plaats van betekenis als leverancier van stikstof, het voornaamste plantevoedende element. De stikstoflevering van het slib bleek uit een verhoging van de hoeveelheid N-min in het profiel in het voorjaar met 2,4 kg N per ton slib droge stof in het jaar waarin de bemesting met slib plaatsvond. Dit was iets meer dan de hoeveelheid N-min in het slib op het moment van toediening, waarbij ook nog bedacht dient te worden dat er in de winterperiode N door uitspoeling uit het profiel verdwenen kan zijn. Het aan de opbrengst van de gewassen gemeten N-effect van het slib was groter dan dat gemeten aan de hoeveelheid N-min in het profiel in het voorjaar als gevolg van voortgaande mineralisatie van organisch gebonden slib-N tijdens het groeiseizoen. Gemeten aan de bietenopbrengst kwam het effect van slib-N overeen met ca. 50, gemeten aan de knolopbrengst van aardappelen met ca. 80 kg kunstmest-N per 10 ton slib droge stof. Dat zijn waarden die ook voor stalmest gevonden worden [De Haan, 1970]. De hogere waarde voor aardappelen is een gevolg van het feit dat bij aardappelen het loof in de herfst afsterft. De stikstof en de daaruit gevormde stoffen worden vooraf grotendeels naar de knol afgevoerd. Bij suikerbieten blijft het loof doorgroeien en de door mineralisatie van de organische stof nog laat in het groeiseizoen vrijkomende stikstof wordt daar in de eerste plaats

TABEL XI – Invloed van zuiveringsslib op het gehalte (in mg/kg droge stof) aan cadmium, koper, mangaan, nikkel en zink van aardappelknollen, gemiddeld over de proefjaren.

		Cd	Cu	Mn	Ni	Zn
slib, ton ds/ha	0	0,12	4,0	5	0,3	13
	10	0,14	4,7	5	0,3	15
	20	0,14	4,8	5	0,3	15

TABEL XII – Invloed van zuiveringsslib op het gehalte (mg/kg droge stof) aan cadmium, koper, mangaan, nikkel en zink in graankorrels, gemiddeld over de proefjaren.

		Cd	Cu	Mn	Ni	Zn
slib, ton ds/ha	0	0,10	4,0	34	0,3	32
	10	0,12	4,1	34	0,2	33
	20	0,12	4,1	35	0,2	35

TABEL XIV – Invloed van bemesting met zuiveringsslib in de periode 1977-1982 op het Pw-getal van de grond (mg in water oplosbaar P₂O₅/l grond) in 1982.

		AGM 316	BEM 265	FH 86	KL 289	RH 400	WR 158
Slibtoediening		5x	3x	3x	3x	3x	4x
Slibgift, t ds/ha	0	45	13	46	24	18	31
	10	98	18	52	26	37	36
	20	118	27	66	29	50	55

TABEL XIII – Resultaten grondonderzoek herfst 1982. Waarden voor de grond met slib, gemiddeld over de beide slibtrappen en de zes proefvelden, in procenten van de waarden voor de grond zonder slib.

pH-KCl (1n)	100
organische stof	113
N-totaal	115
P-totaal	122
idem, in water oplosbaar (Pw-getal)	173
K-HCl (0,1n)	98
Ca-totaal	100
Mg, uitwisselbaar tegen 1n NaCl	111
Na-totaal	114
Cl-totaal	91
S-totaal	105
As-totaal	108
B, in water oplosbaar	116
Cd-totaal	120
Co-totaal	104
Cr-totaal	101
Cu-totaal	162
Fe-totaal	101
Hg-totaal	134
Mn-totaal	101
Mo-totaal	94
Ni-totaal	103
Pb-totaal	110
Zn-totaal	126

gebruikt voor de vorming van aminozuren ten koste van de vorming van suikers. Bij aardappelen wordt de zetmeelvorming door laat opgenomen stikstof ook nadelig beïnvloed, maar minder dan de suikervorming bij bieten. De langzaam uit de organische component van het slib vrijkomende stikstof is wellicht ook de voornaamste oorzaak van het resteffect van slib bij aardappelen. Bij suikerbieten kwam het resteffect vooral tot uiting in de loofopbrengst, die hier buiten beschouwing is gelaten. Bij de bietenopbrengst was het resteffect slechts gering en bij de suikeropbrengst, als gevolg van het negatieve effect van slib op het suikergehalte, afwezig.

Ook de nawerking van het slib bij granen is waarschijnlijk aan tijdens het groeiseizoen vrijkomende slib-N te danken. Het effect van de nawerking was groter dan op grond van de toename van de hoeveelheid N-min in het profiel in het voorjaar verwacht kon worden. Bij alle stikstofeffecten van het slib moet er rekening mee worden gehouden, dat ze van proefveld tot proefveld en van jaar tot jaar vrij aanzienlijk kunnen verschillen. Dat komt vooral door de grote mobiliteit van nitraatstikstof in het profiel en is niet specifiek voor slib-N. Vanwege de geringe voorspelbaarheid van het stikstofeffect is in het uitvoerig verslag van dit onderzoek [De Haan et al, 1985a] geadviseerd alleen met de minerale N in het slib rekening te houden als dit in het voorjaar gegeven wordt en alleen met de minerale N in het profiel in het voorjaar als het slib in de voorafgaande herfst of winter gegeven wordt. De tijdens het groeiseizoen via mineralisatie uit het slib vrijkomende stikstof is in de eerste plaats nodig voor de opbouw van het resteffect.

Bij voldoende bemesting van het gewas met fosfaat in de vorm van kunstmest was het effect van het fosfaat in het slib op het fosfaatgehalte van het gewas in dit onderzoek gering. De fosfaattoestand van de grond werd door het slib wel duidelijk verbeterd. Een nauwkeurige berekening van het fosfaat-effect van slib was in dit onderzoek niet mogelijk.

De gehalten aan zware metalen in het gewas werden door het slib nauwelijks meetbaar verhoogd, zelfs niet op de veenkoloniale grond (de meest gevoelige in dit onderzoek vanwege de lage pH), die vijfmaal met slib is bemest. Dat klopt met de resultaten van potproeven waaruit bleek, dat de grond op volumebasis voor ca. 10% door voor-ge droogd slib van huishoudelijke herkomst kan worden vervangen zonder dat van een duidelijke verhoging van de gehalten aan zware metalen in het gewas sprake is [De Haan, 1974]. In het veld zullen de effecten van overmaat zware metalen op het gewas in het algemeen geringer zijn dan in de potten

omdat het gewas in het veld ook wortels heeft in de niet met slib behandelde ondergrond. In dit onderzoek werden de gehalten aan cadmium, koper, kwik en zink in de (boven)grond wel vrij sterk verhoogd, echter zonder kritieke waarden te bereiken.

Conclusies

1. Het voornaamste effect van zuiverings-slib is een stikstofeffect. In dit onderzoek was het gemiddelde effect van slib-N bij een slibgift van 10 ton droge stof per ha gelijk aan ca. 50 of 80 kg kunstmest-N, gemeten aan resp. de bietopbrengst van suikerbieten en de knolopbrengst van aardappelen. Afzonderlijke waarden weken vrij sterk af van de gemiddelde waarden.
2. Ook het resteffect (verhoging van de met enkel kunstmest maximaal bereikbare opbrengst) was bij aardappelen groter dan bij suikerbieten. Vanwege het negatieve effect van slib op het suikergehalte was er bij de optimale stikstofgift geen resteffect op de suikeropbrengst van het gewas suikerbieten. Bovendien wordt de winbaarheid van de suiker door slib in negatieve zin beïnvloed.
3. Bemesting met zuiveringsslib had in dit onderzoek een duidelijk positieve nawerking op de korrelopbrengst van granen.
4. Het fosfaat-effect van zuiveringsslib uitte zich in dit onderzoek vooral in een verbetering van de fosfaattoestand van de grond.
5. Door bemesting met zuiveringsslib werden de gehalten aan cadmium, koper,

mangaan, nikkel en zink in de verbouwde gewassen niet of nauwelijks meetbaar beïnvloed. In de grond werden de gehalten aan cadmium, koper, kwik en zink vrij duidelijk verhoogd.

Literatuur

Haan, S. de (1970). *De stikstofvoeding van de aardappel door middel van stalmest en van kunstmest VII*. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 5-1970, 22 pp.

Haan, S. de (1974). *Die chemische Zusammensetzung von Gewächsen auf mit Klärschlamm behandelten Böden*. Landwirtsch. Forsch., Kongressband 1974: 220-233.

Haan, S. de (1979). *Einfluss von organischer Düngung auf das maximal erreichbare Ertragsniveau in langjährigen niederländischen Feldversuchen*. Landwirtsch. Forsch., Kongressband 1979: 389-404.

Haan, S. de, Lubbers, J. en Jong, A. de (1985a). *Zuiveringsslib in de akkerbouw. Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond*. Publikatie no. 29, 111 pp. + bijlagen.

Haan, S. de, Rethfeld, H. and Driel, W. van (1985b). *Acceptable levels of heavy metals (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) in soils dependent on their clay and humus content and cation-exchange capacity*. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 9-85 (in druk).



TH Delft
Nieuws uit de vakgroep Gezondheidstechniek & Waterbeheersing

Afstudeerders

Bij de vakgroep Gezondheidstechniek & Waterbeheersing zijn op 20 december 1985 de volgende mensen afgestudeerd:

Naam	Onderwerp(en)	Docent
F. W. Keller	Uitbreiding rioolwaterzuiveringsinrichting Hoogvliet Slibgistingwand: wand-vloer verbinding glijdend	Koot/Huiswaard Van Breugel
J. den Houting	Sanering van de vuilstort Emmerhout Onderzoek naar de systemen van vlokvorming en vlok-verwijdering bij drie waterleidingbedrijven	Koot Knoppert
L. de Nie	In-bedrijf-stellen van de rioolwaterzuiveringsinrichting Kralingse Veer Berekening van de overlapping in verblijftijdsverdelingen bij oeverfiltratie	Koot Huisman
J. D. van Duivenbode	Karakterisering van centrifugeerbaar slib van waterleidingbedrijven Slibontwatering bij grondwaterpompstations met behulp van een decanteercentrifuge	Knoppert/Breemen Koot/Breemen
B. Ludikhuizen	Onderzoek naar de gevolgen van het dempen van sloten in de Hoekse Waard	Segeren
P. C. v. Koppen	Geohydrologische studie van de polder Groot-Mijdrecht	v. Dam
M. Thijsse	Compensatie van grondwaterstandsdalingen ten gevolge van bruinkoolwinning, door middel van infiltratie van water in de bodem vanuit een Maas-Rijnkanaal	v. Dam