

Zuiveringsstilb in de akkerbouw

P.J. van Erp en P. van Lune (IB)
A. de Jong (PAGV)

verslag nr. 98
april 1990

VOORWOORD

Op initiatief en met subsidie van de Stichting Toegepast Onderzoek Reiniging Afvalwater (STORA) te Rijswijk zijn in 1977 zes proefvelden aangelegd om de mogelijkheden te bestuderen van zuiverings-slib als organische meststof of bodem-verbeteringsmiddel voor akkerbouwgronden.

Het onderzoek stond onder leiding van het Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond (PAGV) te Lelystad, in samenwerking met het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB) te Haren. De proeven zijn uitgevoerd door de Regionale Onderzoekcentra A.G. Mulderhoeve te Emmercompasuum, de Prof. Dr. J.M. van Bemmelenhoeve te Wieringerwerf, Feddemaheerd te Kloosterburen, De Kandelaar te Biddinghuizen, Rusthoeve (proefveld te Cadzand) te Colijnsplaat en Wijnandsrade te Wijnandsrade.

De proeven werden voor zes jaar aangelegd, herfst 1981 werden er vier proeven afgesloten. De proeven op A.G. Mulderhoeve (AGM 316) en de Prof. Dr. J.M. van Bemmelenhoeve (BEM 265) zijn nog vier jaar voortgezet en herfst 1986 afgesloten. In Verslag nr. 38 van het PAGV zijn de resultaten van het onderzoek over de eerste zes jaren weergegeven. In het onderhavige verslag worden de resultaten van de proeven AGM 316 en BEM 265 over tien jaar beschreven. Dit verslag valt uiteen in twee delen:

- A. Landbouwkundige waarde van zuiverings-slib (A. de Jong, PAGV te Lelystad)
- B. Invloed van het gebruik van zuiverings-slib op de bodem- en gewassamenstelling (P.J. van Erp en P. van Lune, IB te Haren).

INHOUD

VOORWOORD	blz.
A. <u>LANDBOUWKUNDIGE WAARDE VAN HET ZUIVERINGSSLIB</u>	7
1. Doel en opzet van het onderzoek	7
2. Bespreking resultaten per proef en per oogstjaar	7
2.1 AGM 316. Proefboerderij A.G. Mulderhoeve, Emmercompascuum	7
2.1. 1 Proefjaar 1977	7
2.1. 2 Proefjaar 1978	10
2.1. 3 Proefjaar 1979	12
2.1. 4 Proefjaar 1980	12
2.1. 5 Proefjaar 1981	14
2.1. 6 Proefjaar 1982	16
2.1. 7 Proefjaar 1983	17
2.1. 8 Proefjaar 1984	17
2.1. 9 Proefjaar 1985	18
2.1.10 Proefjaar 1986	20
2.2 BEM 265. Prof. Dr. J.M. van Bennekenhoeve, Wieringerwerf	21
2.2. 1 Proefjaar 1977	22
2.2. 2 Proefjaar 1978	24
2.2. 3 Proefjaar 1979	24
2.2. 4 Proefjaar 1980	26
2.2. 5 Proefjaar 1981	27
2.2. 6 Proefjaar 1982	28
2.2. 7 Proefjaar 1983	29
2.2. 8 Proefjaar 1984	29
2.2. 9 Proefjaar 1985	30
2.2.10 Proefjaar 1986	31
3. Samenvatting resultaten over de totale proefperiode	33
4. Conclusies	33

B. <u>INVLOED VAN HET GEBRUIK VAN ZUIVERINGSSLIB OP DE BODEM- EN GEWASSAMENSTELLING</u>	35
1. Inleiding	35
2. Opzet, uitvoering en verwerking	35
3. Resultaten	38
3.1 Bodemsamenstelling	38
3.2 Gewassamenstelling	40
4. Bespreking resultaten	41
5. Conclusies	42
Literatuur	43
 Bijlagen	

DEEL A. LANDBOUWKUNDIGE WAARDE VAN HET ZUIVERINGSSLIB

1. DOEL EN OPZET VAN HET ONDERZOEK

Gelet op de doelstelling moest getracht worden op de volgende vragen een antwoord te geven:

- a) Wat is de stikstofwerking van het afvalwaterzuiveringsslib op de groei en productie van gewassen?
- b) Heeft het afvalwaterzuiveringsslib al dan niet een specifiek organischestof-effect of een resteffect?

In herfst 1976 werden de proeven aangelegd met drie slibtrappen, namelijk 0, 10 en 20 ton droge stof per ha. De toediening van het slib vond plaats in herfst of voorjaar voorafgaand aan de teelt van aardappelen en suikerbieten. Deze giften wijken af van hetgeen is toegestaan (dit is twee ton drogestof per ha per jaar) omdat op deze wijze de invloed van het zuiveringsslib op bodem en gewas versneld kan worden vastgesteld. Bij de teelt van hakvruchten werden er per slibtrap vijf N-hoeveelheden gegeven, namelijk 0, 50, 100, 150 en 200 kg N per ha. Bij de proef BEM 265 zijn vanaf 1983 de stikstofgiften niet meer toegepast. Er werd ontwaterd zuiveringsslib gegeven, alleen bij AGM 316 is de eerste drie keren vloeibaar slib toegepast.

2. BESPREKING RESULTATEN PER PROEF PER OOGSTJAAR

2.1 AGM 316. Proefboerderij A.G. Mulderhoeve, Emmercompasuum

Begin december 1976 werd het proefveld aangelegd. In tabel 1 worden basisgegevens vermeld van de proefjaren. Opgemerkt moet worden dat in 1977, 1978 en 1980 vloeibaar slib is toegediend, nadien is steeds steekvast slib gegeven.

In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de hoeveelheden minerale stikstof in het profiel op de betreffende bemonsteringsdata. De resultaten worden in een kort verslag per proefjaar weergegeven.

2.1.1 Proefjaar 1977

De proef is aangelegd op een perceel dat in november 1976 is gemengwoeld. Monsters voor de bepaling van de hoeveelheid stikstof in het profiel zijn niet genomen.

Tabel 1. Gegevens over toediening slib, gewas, zaai-, poot- en oogstdatum per proefjaar.

proefjaar	datum toe- diening slib	gewas	ras	zaai-, pootdatum	oogstdatum
1977	1 t/m 4-12-'76	suikerbieten	Monohil	23-03	23-11
1978	20-04	fabrieks- aardappelen	Prominent	26-04	12-10
1979		zomertarwe	Arkas	02-04	08-09
1980	30-10-'79	fabrieks-	Procura	28-03	10-10
1981	17-04	suikerbieten	Monohil	21-04	13-10
1982	09-04	fabrieks- aardappelen	Elkana	16-04	22-09
1983		zomertarwe	Ralle	11-03	12-08
1984	15-03	fabrieks- aardappelen	Prominent	05-04	25-10
1985	26-03	suikerbieten	Regina	11-04	31-10
1986	21-04	fabrieks- aardappelen	Element	25-04	09-10

Tabel 2. Hoeveelheden N-mineraal in de laag van 0-100 cm in kg per ha van 1977 t/m 1986¹⁾.

object	N in kg	1976 ²⁾	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1985	1986
slib in	per ha	25-11	16-03	14-03	27-03 ³⁾	06-04	13-04	09-03		
tonnen										
ds/ha										
0	0	279	32	54	72	43	73	19	51	94
10	0	279	61	61	137	39	49	20	87	124
20	0	279	91	85	142	40	77	20	75	112

¹⁾ Er zijn geen monsters genomen in 1977 en 1984

²⁾ Vastlegging uitgangstoestand

³⁾ Laag was 0-60 cm in plaats van 0-100 cm

De op 31 maart gezaaide bieten kwamen wat onregelmatig op. Dit was te wijten aan het mengwoelen, waardoor het zaaibed wat onegaal was. Het aantal planten varieerde van 84.000-104.000 per ha; er was geen verband met slib- en stikstofhoeveelheden.

Bij 0 ton slib bleek tijdens het groeiseizoen een duidelijke invloed van de gegeven stikstofhoeveelheden: naarmate meer stikstof was gegeven was de stand beter en de kleur donkerder. Bij 10 en 20 ton slib waren er nauwelijks verschillen te zien tussen de stikstofhoeveelheden; qua kleur en stand kwamen deze

Tabel 3. Opbrengsten en gehalten bij suikerbieten¹⁾).

object slib in tonnen ds/ha	N in kg/ha	kg bieten per are	suiker- gehalte in %	kg suiker per are	bepalingen in suikerfiltraat in mg eq/100 g suiker			
					K	Na	K + Na	alfa- amino-N
0	0	459	17,81	81,7	25,6	1,4	27,0	7,5
	50	506	18,08	91,4	23,4	1,1	24,5	6,4
	100	573	17,91	102,6	22,3	1,3	23,6	8,4
	150	620	17,51	108,5	23,1	1,3	24,4	12,1
	200	594	17,27	102,6	23,3	1,5	24,8	15,7
	gem.	550	17,72	97,4	23,5	1,3	24,8	10,0
10	0	618	16,75	103,4	24,6	1,7	26,3	15,4
	50	641	16,66	106,6	24,8	1,9	26,7	17,7
	100	582	16,25	94,3	26,0	2,2	28,2	21,3
	150	613	16,17	99,1	25,8	2,2	28,0	23,7
	200	634	16,22	102,9	25,3	2,1	27,4	23,4
	gem.	618	16,41	101,3	25,3	2,0	27,3	20,3
20	0	653	16,00	102,5	26,9	2,3	29,2	22,5
	50	623	15,66	95,9	29,1	2,7	31,8	25,6
	100	641	15,52	97,3	29,5	3,0	32,5	27,8
	150	648	15,67	99,5	28,9	2,8	31,7	26,3
	200	639	15,70	100,3	29,1	2,7	31,8	27,7
	gem.	641	15,71	99,1	28,7	2,7	31,4	26,0

¹⁾ Bij het object 20 ton slib per ha gemiddelden van 2 herhalingen

overeen met 200 N bij geen slib of zelfs beter.

Eind september kwam er plaatselijk nogal wat geelverkleuring voor, veroorzaakt door structuurgevoelige plekken in de grond. Het object 10 ton slib met 100 kg N per ha was het ergst.

Tijdens de oogst was het slecht weer en was de grond erg nat. Dit was er de oorzaak van dat er bij het object 20 ton slib maar twee herhalingen geoogst konden worden, zodat de cijfers in tabel 3 bij 20 ton slib gemiddelden zijn van twee herhalingen.

Uit de cijfers blijkt er bij 0 ton slib een duidelijk effect van de stikstofhoeveelheden tot 150 kg N per ha. Bij 10 ton slib valt met name 100 kg N vanwege de hiervoor genoemde geelverkleuring uit de toon, in mindere mate geldt dit ook voor 150 kg N. Bij 20 ton slib is de hoogste opbrengst behaald bij 0 N. De wortelopbrengst was bij 20 ton slib het hoogst, maar doordat het suikergehalte veel lager was dan bij 0 ton slib, viel de suikeropbrengst tegen.

Wiskundige bewerking*) kon alleen uitgevoerd worden bij 0 en 10 ton slib, waaruit een interactie bleek tussen slib en stikstof.

Naarmate meer slib werd gegeven, nam het gehalte aan K + Na toe, de stikstofhoeveelheden hadden nauwelijks invloed. Het gehalte aan alfa-amino-N nam toe naarmate meer slib en stikstof werd gegeven.

2.1.2 Proefjaar 1978

Uit de resultaten van de profielbemonstering blijkt dat er tussen de slibtrappen verschillen voorkomen van ca. 30 kg N per ha, waarbij bij 0 ton slib 32 kg N per ha aanwezig was (tabel 2). Deze verschillen zijn een gevolg van de slibgiften in 1977: het slib dit jaar werd pas op 20 april toegediend.

Begin juni zag men bij de op 26 april gepote aardappelen een duidelijk verschil in loofontwikkeling tussen de slibtrappen, begin juli was dit ook het geval bij de gegeven stikstofhoeveelheden. Met name bij 20 ton slib was de loofontwikkeling bij de hoge stikstofhoeveelheden te fors. Eind augustus was het gewas bij 0 ton slib tot 150 kg N per ha al afgestorven; bij 10 en 20 ton slib was het gewas nog behoorlijk groen, en wel groener naarmate meer stikstof was gegeven.

In tabel 4 worden de opbrengstresultaten vermeld.

*) In dit hoofdstuk is de variantie-analyse voor een split-plot schema toegepast. Bij de hieruit volgende F-toetsen is de gebruikelijke "5% grens" gebruikt (H_0 verwerpen bij $\alpha = 0,05$). Voor de onderlinge vergelijking van de gemiddelden per stikstofgift is de toets van Tukey (studentized range test) gebruikt. Ook hier is de "5% grens" gebruikt. Indien de interactie van slibhoeveelheden en stikstofgiften significant is, zijn de hoofdeffecten niet getoetst.

Tabel 4. Knolopbrengst, onderwatergewicht in grammen (o.w.g.) en uitbetalingsgewicht in kg per are.

N in kg/ha	0 ton slib per ha			10 ton slib per ha			20 ton slib per ha		
	knol- opbrengst	o.w.g. gewicht in	uitbetalings- gewicht in	knol- opbrengst	o.w.g. gewicht in	uitbetalings- gewicht in	knol- opbrengst	o.w.g. gewicht in	uitbetalings- gewicht in
	in kg/are	kg per are	kg per are	in kg/are	kg per are	kg per are	in kg/are	kg per are	kg per are
0	229	462	275	443	412	460	493	408	510
50	342	462	413	455	408	468	505	402	511
100	394	429	432	502	398	498	491	407	504
150	419	422	448	481	394	473	482	374	443
200	431	415	454	500	380	464	523	380	487
gem.	363	438	404	476	398	473	499	394	491

Verschillen groter dan 32 gram in onderwatergewicht tussen de slibtrappen binnen de N-gift zijn significant. Verschillen groter dan 18 gram in onderwatergewicht tussen de N-hoeveelheden binnen de slibtrappen zijn significant.

Uit de cijfers blijkt dat de knolopbrengst bij 10 en 20 ton slib een hoger niveau heeft bereikt dan zonder slibtoepassing. Bij 0 ton slib was er een duidelijk effect van de stikstofhoeveelheden, bij 10 en 20 ton slib nauwelijks. Het onderwatergewicht is onder invloed van slib en stikstof sterk negatief beïnvloed, met alle gevolgen van dien voor het uitbetalingsgewicht. Hoewel er verschillen bleven bestaan tussen wel en geen slib, bleken dat bij 150 en 200 kg N per ha de verschillen in uitbetalingsgewicht veel geringer zijn dan bij de knolopbrengst. Uit de wiskundige bewerking blijkt een interactie tussen slib en stikstof, zodat de hoofdeffekten niet getoetst konden worden.

2.1.3 Proefjaar 1979

De verschillen in hoeveelheid minerale stikstof tussen de slibobjecten waren volgens de uitslag hoogstens ca. 30 kg N per ha (tabel 2). Op 2 april werd aan de zomertarwe 65 kg N per ha gegeven en op 8 juni nog eens 50 kg N.

Tijdens de groeiperiode zijn er weinig verschillen waargenomen, alleen 0 ton slib bleef in ontwikkeling wat achter bij 10 en 20 ton slib.

In tabel 5 worden de opbrengsten weergegeven.

Tabel 5. Opbrengsten in kg zomertarwe per are.

kg N per ha op fabrieks- aardappelen in 1978	kg zomertarwe per are		
	0 ton slib	10 ton slib	20 ton slib
0	52,3	58,0	64,5
50	51,6	58,3	59,8
100	53,9	54,7	60,4
150	51,3	55,4	59,7
200	52,0	58,5	61,0
gemiddeld	52,2	57,0	61,1

Verschillen groter dan 2,3 kg per are tussen de slibtrappen binnen de N-gift zijn significant.

De verschillen tussen de stikstofhoeveelheden waren niet groot. Het is opmerkelijk dat bij 10 ton slib 100 en 150 kg N afwijken; mogelijk is dit op structuurverschillen terug te voeren.

Wel was er verschil in opbrengstniveau tussen de slibtrappen; deze verschillen zijn significant.

2.1.4 Proefjaar 1980

Uit de profielbemonstering blijkt dat bij 10 en 20 ton slib ca. 70 kg N per ha meer werd gevonden dan zonder slib (tabel 2). De meeste stikstof kwam voor in de bovenste 20 cm.

De op 28 maart gepote aardappelen kwamen goed op en er waren geen verschillen in opkomst tussen de slibtrappen. Alleen de veldjes zonder stikstof en slib kwamen wat trager op. In de loop van het groeiseizoen was de ontwikkeling en kleur van het gewas beter en donkerder naarmate meer stikstof was gegeven. Deze verschillen waren bij 0 ton slib groter, omdat er bij 10 en 20 ton slib ook een reactie van het slib te zien was.

Eind augustus was er een groot verschil in percentage groen blad tussen 0 ton slib enerzijds en 10 en 20 ton slib anderzijds. Bij 0 ton slib kwam er weinig groen blad meer voor, bij 200 N nog 45%. Bij 10 en 20 ton slib varieerde dit percentage van 70-96%; wel was het gewas bij deze objecten geheel gelegerd. Op 26 september was het loof bij 0 ton slib bijna geheel afgestorven, bij 10 en 20 ton slib voor ca. 50%.

In tabel 6 worden de oogstresultaten vermeld.

Tabel 6. Knolopbrengst, onderwatergewicht in grammen (o.w.g.) en uitbetalingsgewicht in kg per are.

N in kg/ha	0 ton slib per ha			10 ton slib per ha			20 ton slib per ha		
	knol- opbrengst in kg/are	o.w.g. in kg/are	uitbetalings- gewicht in kg per are	knol- opbrengst in kg/are	o.w.g. in kg/are	uitbetalings- gewicht in kg per are	knol- opbrengst in kg/are	o.w.g. in kg/are	uitbetalings- gewicht in kg per are
0	303	443	347	475	424	514	482	426	524
50	391	442	445	518	430	569	554	417	586
100	427	451	499	529	421	565	533	419	566
150	434	439	491	532	432	587	517	434	578
200	455	431	501	508	421	543	556	421	597
gem.	402	441	457	512	426	556	528	423	570

Verschillen groter dan 43 kg per are in uitbetalingsgewicht tussen de slibtrappen binnen de N-gift zijn significant.

Verschillen groter dan 58 kg per are in uitbetalingsgewicht tussen de N-hoeveelheden binnen de slibtrappen zijn significant.

Bij 0 ton slib was er een duidelijke invloed van de stikstofhoeveelheden op de knolopbrengst, bij het uitbetalingsgewicht gold dit tot 100 kg N per ha. Het opbrengstniveau bij 10 en 20 ton slib was aanmerkelijk hoger dan bij 0 ton slib; de verschillen tussen 10 en 20 ton slib waren gering. De verschillen in uitbetalingsgewicht tussen 0 ton slib enerzijds en 10 en 20 ton slib anderzijds waren significant. Het onderwatergewicht was bij 0 ton slib hoger dan bij 10 en 20 ton slib.

2.1.5 Proefjaar 1981

Uit de profielbemonstering blijkt dat er bij alle slibtrappen ca. 40 kg N per ha voorkwam (tabel 2). Dit kwam mede omdat het slib pas in april werd toegepast, aangezien het in de herfst van 1980 niet kon vanwege het slechte weer.

De opkomst van de op 21 april gezaaide bieten was wat onregelmatig, hoewel het aantal planten toch ongeveer 100.000 per ha was. Door chemische onkruidbestrijding en wortelbrand zijn er nogal wat planten weggevallen. Het gemiddelde aantal planten begin juni was bij 0, 10 en 20 ton slib respectievelijk 84.900, 79.600 en 76.000 planten per ha, dus minder planten naarmate meer slib was gegeven. Verschillen tussen stikstofhoeveelheden waren niet duidelijk aanwezig. In juni viel in twee dagen 80 mm neerslag, met als gevolg pleksgewijs structuurbederf en geelverkleuring door zuurstofgebrek. Begin juli bleef de groei bij 0 ton slib duidelijk achter bij 10 en 20 ton slib. Verder was er bij 0 en 10 ton slib een betere gewasontwikkeling naarmate er meer stikstof was gegeven. Op 21 september was de kleur bij 10 en 20 ton slib duidelijk donkerder dan bij geen slib; tevens was de kleur donkerder naarmate meer stikstof werd gegeven. In tabel 7 zijn de opbrengsten en gehalten vermeld.

Tabel 7. Opbrengsten en gehalten bij suikerbieten.

object	N in slib in tonnen ds/ha	kg bieten per are	suikerge- halte in %	kg suiker per are	bepalingen in suikerfiltraat in mg eq/100 g suiker			
					K	Na	K + Na	alfa- amino-N
0	0	121,0	16,57	19,9	32,9	0,9	33,8	7,9
	50	260,2	17,29	44,9	29,7	0,8	30,5	7,6
	100	365,5	17,25	63,2	28,7	0,9	29,6	8,3
	150	342,7	17,25	59,1	27,3	1,0	28,3	9,4
	200	402,9	16,80	67,7	26,6	1,2	27,8	11,3
	gem.	298,5	17,03	51,0	29,0	1,0	30,0	8,9
10	0	275,8	16,05	44,3	36,3	1,1	37,4	8,8
	50	320,0	16,56	52,9	31,3	1,0	32,3	8,9
	100	431,7	16,43	71,0	32,9	1,4	34,3	10,9
	150	443,0	16,23	71,9	31,2	1,3	32,5	11,7
	200	386,8	15,79	61,0	30,1	1,7	31,8	14,3
	gem.	371,5	16,21	60,2	32,4	1,3	33,7	10,9
20	0	346,5	15,85	54,8	36,5	1,4	37,9	10,1
	50	313,7	16,09	50,6	34,8	1,3	36,1	10,3
	100	340,6	16,01	54,4	35,4	1,6	37,0	11,5
	150	427,5	15,99	68,5	34,7	1,4	36,1	12,1
	200	392,5	15,91	62,5	35,2	1,8	37,0	13,4
	gem.	364,1	15,97	58,3	35,3	1,5	36,8	11,5

Verschillen groter dan 15,3 kg suiker per are tussen de N-hoeveelheden binnen de slibtrappen zijn significant.

Uit de cijfers blijkt dat het opbrengstniveau laag was. Dit was veroorzaakt door genoemde plekken met een slechte structuur; als gevolg daarvan was de spreiding tussen de veldjes binnen een object ook nogal groot. Dit heeft weer tot gevolg dat er nogal wat merkwaardige verschillen zijn opgetreden. Het object 10 ton slib kwam bij 100 à 150 kg N tot de hoogste opbrengst.

Naarmate meer slib was toegediend, daalde het suikergehalte; bij de stikstofhoeveelheden waren de verschillen geringer. Het gehalte aan K + Na steeg naarmate meer slib werd gegeven, evenals het gehalte aan alfa-amino-N. Bij de stikstofhoeveelheden vertoonde 0 N een hoger K-gehalte dan de overige stikstofhoeveelheden; het gehalte aan alfa-amino-N steeg naarmate meer stikstof werd gegeven.

2.1.6 Proefjaar 1982

De verschillen in hoeveelheid minerale stikstof in het profiel waren niet groot (tabel 2). Dit was ook niet te verwachten, want het slib werd in april gegeven. De op 16 april gepote aardappelen kwamen goed op en het gewas ontwikkelde zich aanvankelijk goed; in de maand juli en begin augustus was het erg droog en warm, waardoor het gewas snel verouderde en te snel afstierf. Tijdens de groei was er bij 0 ton slib een duidelijk effect te zien van de stikstofhoeveelheden, bij 10 ton slib was dit minder en bij 20 ton slib nauwelijks aanwezig. In tabel 8 worden de opbrengstresultaten gegeven.

Tabel 8. Knolopbrengst, onderwatergewicht in grammen (o.w.g.) en uitbetalingsgewicht in kg per are.

N in kg/ha	0 ton slib per ha			10 ton slib per ha			20 ton slib per ha		
	knol- opbrengst in kg/are	o.w.g. gewicht in kg per are	uitbetalings- gewicht in kg per are	knol- opbrengst in kg/are	o.w.g. gewicht in kg per are	uitbetalings- gewicht in kg per are	knol- opbrengst in kg/are	o.w.g. gewicht in kg per are	uitbetalings- gewicht in kg per are
0	330	461	391	403	443	459	413	446	477
50	403	456	478	429	446	495	424	445	488
100	398	445	459	388	418	413	394	421	417
150	384	449	447	385	427	420	390	433	432
200	397	428	434	405	427	441	371	416	392
gem.	382	448	442	402	432	446	398	432	441

De snelle veroudering en het te vroeg afsterven van het gewas hebben de opbrengst nadelig beïnvloed. Bij alle drie slibobjecten is de hoogste opbrengst verkregen bij 50 kg N per ha. Daarna daalde het uitbetalingsgewicht bij 10 en 20 ton slib veel sterker dan bij geen slib, ondanks dat de verschillen in knolopbrengst niet groot waren. Doch bij de slibobjecten was het onderwatergewicht aanmerkelijk lager dan bij geen slib, met een lager uitbetalingsgewicht als gevolg. Er bestond een interactie tussen slib en stikstof, zodat de hoofdeffekten niet getoetst kunnen worden.

2.1.7 Proefjaar 1983

Uit de profielbemonstering blijkt dat er bij 0 kg N geen verschillen zijn tussen de slibtrappen; er kwam circa 20 kg N per ha voor (tabel 2).

Als eerste gift werd 300 kg kas/ha gegeven en als overbemesting 200 kg kas. Door aanhoudende regenval in april en mei ontstond er enige wateroverlast, waarvan met name één parallel van het proefveld te lijden had. Met uitzondering van enkele te natte veldjes ontwikkelde het gewas zich toch redelijk. Op de slibobjecten kwam wat legering voor.

In tabel 9 zijn de opbrengstresultaten vermeld.

Tabel 9. Opbrengsten in kg zomertarwe per are.

kg N per ha op fabrieks- aardappelen in 1982	kg zomertarwe per are ¹⁾		
	0 ton slib	10 ton slib	20 ton slib
0	49,8	57,9	66,4
50	52,1	61,6	63,8
100	55,4	59,2	63,8
150	53,8	61,8	64,0
200	54,4	61,2	65,6

gemiddeld	53,1	60,4	64,7

¹⁾ De opbrengsten van de derde parallel zijn buiten beschouwing gelaten

Verschillen groter dan 7,8 kg per are tussen de slibtrappen binnen de N-gift zijn significant.

Verschillen groter dan 4,3 kg per are tussen de N-hoeveelheden binnen de slibtrappen zijn significant.

Uit de opbrengsten blijkt dat alleen bij 0 en 10 ton slib de opbrengst bij 0 N lager is; van de overige stikstofhoeveelheden is er weinig nawerking te zien. Wel is er een duidelijk effect van het slib op de opbrengst.

In totaal is er in 7 proefjaren al 50 en 100 ton droge stof gegeven aan de objecten 10 en 20 ton slib.

2.1.8 Proefjaar 1984

Er zijn geen monsters genomen voor de N-min. bepalingen. Het slib is op 15 maart gegeven. De tijdig gepote aardappelen kwamen vlot op, wel iets onregelmatig.

Het aardappelgewas werd erg zwaar met veel loof, zelfs de veldjes zonder slib en zonder stikstof waren veel beter dan in de vorige proefjaren. In de eerste helft van juni waren de stikstof- en slibhoeveelheden duidelijk herkenbaar. In augustus waren de hoogste stikstofgiften bij 10 en 20 ton slib veel te zwaar; deze waren gelegerd en er kwamen rotte stengels voor. De afrijping van het gewas verliep traag en er kwamen behoorlijke verschillen tussen de slibobjecten voor. In tabel 10 worden de opbrengsten vermeld.

Tabel 10. Knolopbrengst, onderwatergewicht in grammen (o.w.g.) en uitbetalingsgewicht in kg per are.

N in kg/ha	0 ton slib per ha			10 ton slib per ha			20 ton slib per ha		
	knol- opbrengst	o.w.g.	uitbetalings- gewicht in	knol- opbrengst	o.w.g.	uitbetalings- gewicht in	knol- opbrengst	o.w.g.	uitbetalings- gewicht in
	in kg/are		kg per are	in kg/are		kg per are	in kg/are		kg per are
0	584	459	699	627	448	722	703	444	806
65	654	439	738	661	432	732	709	417	749
130	591	432	651	670	412	697	751	415	788
195	631	416	659	713	406	728	710	380	662
260	644	405	654	708	406	721	673	395	661
gem.	621	430	680	676	421	720	709	410	733

Verschillen groter dan 57.8 kg per are in uitbetalingsgewicht tussen de slibtrappen binnen de N-gift zijn significant.

Verschillen groter dan 51.5 kg per are in uitbetalingsgewicht tussen de N-hoeveelheden binnen de slibtrappen zijn significant.

Bij geen toepassing van slib is het hoogste uitbetalingsgewicht bereikt bij 65 kg N per ha; ook bij 0 N was het uitbetalingsgewicht opmerkelijk hoog. Bij 10 ton slib werd het hoogste uitbetalingsgewicht ook bij 65 kg N per ha bereikt; bij 20 ton slib was dit al bij 0 kg N het geval. Naarmate meer stikstof werd gegeven daalde het onderwatergewicht; dit werd door slib extra versterkt. Het gemiddelde opbrengstniveau was bij de slibtrappen hoger dan bij geen toepassing van slib.

2.1.9 Proefjaar 1985

Uit de profielbemonstering blijkt dat de hoeveelheid stikstof bij de slibtrappen 25-35 kg N per ha hoger is dan bij geen slib (tabel 2).

Op 26 maart is het slib toegediend en de stikstof werd op 22 maart volgens het proefplan gegeven.

De bieten kwamen goed op en in de beginperiode waren er geen merkbare verschillen in groei tussen de objecten. Begin juni waren de 0 N-veldjes bij geen slib herkenbaar, later werden de verschillen in loofontwikkeling en kleur tussen de objecten groter. Het aantal planten per ha was hoog bij 0 en 10 ton slib (94.000-100.000 planten); bij 20 ton slib was dit lager (82.000-90.000 planten). Hiervoor is geen goede verklaring, mogelijk een hogere zoutconcentratie. In tabel 11 worden de oogstresultaten gegeven.

Tabel 11. Opbrengsten en gehalten bij suikerbieten.

object slib in tonnen ds/ha	N in kg/ha	kg bieten per are	suikerge- halte in %	kg suiker per are	bepalingen in suikerfiltraat in mg eq/100 g suiker				aantal planten per are
					K	Na	K + Na	alfa- amino-N	
0	0	402	16,92	680	26,2	0,8	27,0	7,4	971
	65	457	16,65	762	24,8	1,1	25,9	10,0	944
	130	512	16,35	836	24,0	1,1	25,1	13,5	1006
	195	515	16,08	828	24,1	1,2	25,3	15,3	943
	260	491	15,55	763	23,7	1,4	25,1	17,9	963
	gem.	475	16,31	774	24,6	1,1	25,7	12,9	965
10	0	465	16,35	760	26,0	1,1	27,1	10,0	961
	65	503	15,93	802	24,4	1,4	25,8	13,4	948
	130	501	15,85	794	26,6	1,3	27,9	14,6	950
	195	477	15,32	731	26,8	1,6	28,4	18,4	955
	260	503	15,05	757	26,0	1,7	27,7	20,6	985
	gem.	490	15,70	769	26,0	1,4	27,4	15,4	960
20	0	501	15,43	772	27,2	1,6	28,8	15,3	904
	65	503	15,46	778	26,1	1,6	27,7	14,9	820
	130	549	15,23	836	28,8	1,6	30,4	18,4	833
	195	524	15,44	810	28,0	1,7	29,7	18,8	896
	260	503	15,07	758	30,6	1,9	32,5	21,9	830
	gem.	516	15,33	791	28,1	1,7	29,8	17,9	857

Verschillen groter dan 86,3 kg suiker per are tussen de N-hoeveelheden binnen de slibtrappen zijn significant.

Bij 0 en 20 ton slib per ha werd de hoogste suikeropbrengst bij 130 kg N bereikt, bij 10 ton slib was dit bij 65 kg N. De wortelopbrengst is bij 10 en 20 ton slib gemiddeld wel hoger, maar door een lager suikergehalte komt dit niet tot uiting in de suikeropbrengst.

Naarmate meer stikstof en slib werd gegeven heeft dit een lager gemiddeld suikergehalte tot gevolg.

De gemiddelde gehalten van Na en alfa-amino-N stijgen wanneer er meer stikstof en slib is gegeven.

2.1.10 Proefjaar 1986

Uit de cijfers van de profielbemonstering blijkt dat er ca. 100 kg N per ha voorkomt, waarbij 10 en 20 ton slib 30 en 18 kg N meer bevatten dan bij geen slibtoepassing (tabel 2). De laat gepote aardappelen ontwikkelden zich goed. De kleurverschillen tussen de N-hoeveelheden waren het sterkst bij geen toepassing van slib. Op 13 augustus was het percentage groen loof bij 0 en 10 ton slib veel geringer dan bij 20 ton slib, vooral bij de hoge stikstofgiften.

De opbrengsten zijn in tabel 12 weergegeven.

Tabel 12. Knolopbrengst, onderwatergewicht in grammen (o.w.g.) en uitbetalingsgewicht in kg per are.

N in kg/ha	0 ton slib per ha			10 ton slib per ha			20 ton slib per ha		
	knol- opbrengst in kg/are	o.w.g. gewicht in kg per are	uitbetalings- gewicht in kg per are	knol- opbrengst in kg/are	o.w.g. gewicht in kg per are	uitbetalings- gewicht in kg per are	knol- opbrengst in kg/are	o.w.g. gewicht in kg per are	uitbetalings- gewicht in kg per are
0	397	441	451	456	452	533	530	437	596
65	485	451	566	543	451	635	551	450	643
130	501	444	575	531	440	601	614	440	696
195	529	450	617	592	440	671	618	439	699
260	554	447	641	596	444	683	621	431	689
gem.	493	447	570	544	445	625	587	440	664

Verschillen groter dan 56,2 kg per are in uitbetalingsgewicht binnen de N-gift tussen de slibtrappen zijn significant.

Verschillen groter dan 56,7 kg per are in uitbetalingsgewicht tussen de N-hoeveelheden binnen de slibtrappen zijn significant.

Het opbrengstniveau van 0 ton slib blijft duidelijk achter bij de andere slibobjecten.

Bij 0 en 10 ton slib is er een groot effect van 65 kg N op de knolopbrengst en het uitbetalingsgewicht, in mindere mate geldt dit voor 20 ton slib. Zowel bij 0 als 10 ton slib wordt het hoogste uitbetalingsgewicht bereikt bij 260 kg N, bij 20 ton slib is dit bij 130 kg N/ha al gehaald. De verschillen in onderwatergewichten zijn zowel bij stikstof als slib dit jaar betrekkelijk gering.

2.2 BEM 265. Prof. Dr. J.M. van Bemmelenhoeve, Wieringerwerf

Eind augustus 1976 werd het proefveld aangelegd. In tabel 12 wordt een aantal basisgegevens vermeld over de betreffende proefjaren. In tabel 13 zijn de resultaten weergegeven van de bemonsteringen ter bepaling van het stikstofgehalte in het profiel. Daarna volgt een korte beschrijving van de resultaten per proefjaar.

Tabel 13. Gegevens over toediening slib, gewas, zaai-, poot- en oogstdatum per proefjaar.

proefjaar	datum toediening van slib	gewas	ras	zaai-, pootdatum	oogstdatum
1977	31-08-'76	suikerbieten	Monohil	13-04	20-10
1978		wintertarwe	Caribo	25-10-'77	04-09
1979	23/24-10-'78	aardappelen	Bintje	10-05	03-10
1980		wintertarwe	Arminda	24-10-'79	25-08
1981	28-10/11-11-'80	suikerbieten	Monohil	08-04	27-10
1982		wintertarwe	Arminda	06-11-'81	09-08
1983	19-11-'82	aardappelen	Bintje	06-06	14-10
1984		wintertarwe	Arminda	27-10-'83	17-09
1985	15-11-'84	suikerbieten	Regina	23-04	14-10
1986		wintertarwe	Granada	16-10-'85	05-09

Tabel 14. Hoeveelheden N-mineraal in de laag 0-100 cm in kg per ha van 1976 t/m 1986.

object	N in kg	1976 ¹⁾	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983 ²⁾	1984	1985	1986
silb in	per ha	30-08	08-03	28-02	20-03	13-02	02-03	01-02	08-02	10-02	05-02	27-01
tonnen												
ds/ha												
0	0	22	121	58	40	94	44	41	34	115	35	43
0	200			56		110						
10	0	22	165	85	72	115	67	58	56	166	80	49
10	200			90		162						
20	0	22	174	85	103	141	128	84	64	16	107	45
20	200			78		172						

¹⁾ Vastlegging uitgangstoestand

²⁾ Dit jaar is de laag 0-60 cm bemonsterd

2.2.1 Proefjaar 1977

Uit de resultaten van het grondonderzoek blijkt dat er veel stikstof in het profiel voorkwam (tabel 14). Bij de slibobjecten was dat ca. 50 kg N per ha meer dan bij geen slib; de meeste stikstof kwam bij alle objecten voor in de laag van 40-100 cm.

De opkomst van de bieten was goed en er waren geen verschillen tussen de objecten. In de loop van het groeiseizoen waren er verschillen in gewasontwikkeling tussen de slibtrappen en tussen de stikstofhoeveelheden binnen de slibtrappen. Bij 10 en 20 ton was het gewas bij 0 N al een zwaar gewas met grove diknervige bladeren; vooral bij de hoge stikstofgiften was de loofontwikkeling te uitbundig bij de slibobjecten.

In tabel 15 worden de oogstresultaten weergegeven.

Tabel 15. Opbrengsten en gehalten bij suikerbieten.

object slib in tonnen ds/ha	N in kg/ha	kg bieten per are	suikerge- halte in %	kg suiker per are	bepalingen in suikerfiltraat in mg eq/100 g suiker			
					K	Na	K + Na	alfa- amino-N
0	0	592,5	18,08	107,1	31,7	2,1	33,8	9,9
	50	607,3	17,90	108,7	31,7	2,2	33,9	11,7
	100	610,2	17,51	106,9	32,0	2,6	34,6	14,1
	150	617,3	17,30	106,8	32,8	2,6	35,4	16,1
	200	631,7	16,91	106,8	33,2	3,3	36,5	19,2
	gem.	611,8	17,54	107,3	32,3	2,6	34,8	14,2
10	0	624,4	17,25	107,8	33,6	3,3	36,9	15,3
	50	607,1	17,17	104,2	34,1	3,3	37,4	17,1
	100	651,7	16,31	106,3	37,2	4,7	41,9	22,9
	150	621,9	16,22	100,9	37,6	5,0	42,6	24,4
	200	640,8	15,70	100,6	40,2	5,8	46,0	27,9
	gem.	629,2	16,53	104,0	36,5	4,4	40,9	21,5
20	0	627,1	16,66	104,5	36,1	4,4	40,5	20,3
	50	603,7	16,28	98,3	38,5	5,0	43,5	22,7
	100	653,3	16,03	104,7	38,6	5,3	43,9	25,9
	150	663,1	15,59	103,4	40,9	6,2	47,1	28,7
	200	656,4	15,17	99,6	45,9	7,7	53,6	31,5
	gem.	640,7	15,95	102,1	40,0	5,7	45,7	25,8

Hoewel de bietenopbrengsten bij 10 en 20 ton slib meestal hoger waren, was de suikeropbrengst lager, veroorzaakt door een lager suikergehalte. Er was geen stikstofreactie van de stikstofhoeveelheden bij geen toepassing van slib, bij 10 en 20 ton slib was de stikstofreactie negatief. Dit is mede veroorzaakt door de grote hoeveelheid stikstof die in het voorjaar al aanwezig was in het profiel. Naarmate meer slib en stikstof werd gegeven, daalde het suikergehalte en stegen de gehalten aan K, Na en alfa-amino-N.

2.2.2 Proefjaar 1978

Uit de cijfers van de genomen grondmonsters blijkt dat er bij 10 en 20 ton slib 25 à 30 kg N per ha meer voorkwam dan bij geen slib (tabel 14). Tussen 0 en 200 kg N kwamen nauwelijks verschillen voor.

Aan de wintertarwe werd op 9 maart bij geen slib 85 kg N per ha gegeven, bij 10 en 20 ton slib 55 kg N per ha. Daar het gewas in mei zwaar genoeg was, werd geen overbemesting gegeven. Aanvankelijk waren de verschillen in groei tussen de slibobjecten gering, maar omstreeks half juni was het object 20 ton slib duidelijk wat zwaarder dan 0 ton slib. Legering kwam niet voor.

In tabel 16 worden de opbrengsten van de wintertarwe vermeld.

Tabel 16. Opbrengsten in kg wintertarwe per are.

kg N per ha op suikerbieten in 1977	kg wintertarwe per are		
	0 ton slib	10 ton slib	20 ton slib
0	64,8	65,8	69,9
50	65,8	68,5	68,3
100	64,8	65,8	66,8
150	64,2	64,5	65,4
200	63,8	64,7	63,8
-----	-----	-----	-----
gemiddeld	64,7	65,9	66,8

De opbrengstverschillen waren niet groot, alleen bij 20 ton slib per ha waren de opbrengsten hoger bij de lagere stikstofgiften.

2.2.3 Proefjaar 1979

Uit de profielbemonstering blijkt dat het verschil tussen de slibtrappen ca. 30 kg N per ha bedroeg, bij 0 ton slib 40 kg N per ha en 103 kg N bij 20 ton slib (tabel 14). Door de slechte weersomstandigheden werden de aardappelen pas op 10 mei gepoot. Door de vele neerslag van eind mei en juni groeide het gewas traag. Toen de omstandigheden eind juni gunstiger werden, ontwikkelde het gewas zich daarna goed. Naarmate meer stikstof was gegeven, bleek de loofontwikkeling gunstiger, vooral bij 0 ton slib. De loofontwikkeling bij eenzelfde stikstofgift was bij 10 en 20 ton beter dan bij 0 ton slib. Tussen 10 en 20 ton slib waren de verschillen niet groot.

De aardappelen zijn op 3 oktober gerooid en de opbrengstresultaten worden in tabel 17 weergegeven.

Tabel 17. Opbrengst en sortering van de aardappelen in kg per are.

object slib in tonnen ds/ha	N in kg/ha	totaal op- brengst in kg/are	sortering in kg per are			
			<35 mm	35-40 mm	40-55 mm	>55 mm
0	0	304,0	18,9	30,4	181,3	73,4
	50	387,5	24,4	33,2	226,1	103,8
	100	447,9	22,9	31,8	215,1	178,1
	150	478,2	21,9	28,8	225,5	202,0
	200	486,7	19,2	29,0	266,3	172,2
	gem.	420,9	21,5	30,6	222,9	145,9
10	0	425,0	20,1	29,4	220,0	155,5
	50	485,5	21,3	31,4	230,4	202,4
	100	524,3	21,5	30,9	225,4	246,5
	150	560,0	18,1	24,4	225,2	292,3
	200	557,4	18,2	26,2	206,6	306,4
	gem.	510,4	19,8	28,5	221,5	240,6
20	0	476,7	18,2	24,8	204,4	229,3
	50	520,2	18,7	28,6	233,9	239,0
	100	557,5	20,6	28,7	233,3	274,9
	150	608,1	20,2	27,3	224,3	336,3
	200	604,4	19,8	26,5	223,5	334,6
	gem.	553,4	19,5	27,2	223,9	282,8

Verschillen groter dan 39,1 kg per are bij de totaalopbrengst tussen de slibtrappen binnen de N-gift zijn significant. Verschillen groter dan 35,2 kg per are bij de totaalopbrengst tussen de N-hoeveelheden binnen de slibgiften zijn significant.

Het opbrengstniveau van de beide slibobjecten lag beduidend hoger dan bij 0 ton slib. Behalve een stikstofeffect van het slib was hier ook sprake van een gunstig slibeffect op het opbrengstniveau van de aardappelen, zowel bij 10 als 20 ton slib werd de hoogste opbrengst bereikt bij 150 kg N per ha. Bij 0 ton slib is het de vraag of de maximale opbrengst bereikt is. Bij 20 ton slib per ha zon-

der stikstof was de opbrengst gelijk aan 150 kg N bij geen toepassing van slib. De verschillen in sortering zijn tot 55 mm niet groot tussen de objecten. De verschillen in opbrengst worden veroorzaakt door de maat >55 mm.

2.2.4 Proefjaar 1980

Uit tabel 14 blijkt dat er duidelijke verschillen waren in hoeveelheid stikstof in het profiel, zowel tussen de slibtrappen als bij de stikstofhoeveelheden (0 en 200 kg N per ha). Er was dus een nawerking van zowel de slib- als stikstofhoeveelheden die aan het gewas aardappelen zijn gegeven.

Op basis van deze resultaten is bij het object 0 ton slib op 11 maart 50 kg N per ha aan de wintertarwe gegeven, bij 10 ton slib 30 kg N en bij 20 ton slib niets. Op 19 mei is over het gehele proefveld een overbemesting gegeven van 45 kg N per ha.

Tijdens het groeiseizoen was bij de objecten 10 en 20 ton slib de kleur donkerder en de gewasontwikkeling beter. De stikstofhoeveelheden waren niet duidelijk te herkennen.

In tabel 18 zijn de opbrengsten van de wintertarwe vermeld.

Tabel 18. Opbrengsten in kg wintertarwe per are.

kg N per ha op de aardappelen in 1979	kg wintertarwe per are		
	0 ton slib	10 ton slib	20 ton slib
0	81,6	88,5	96,2
50	84,1	90,7	97,4
100	84,9	89,6	98,0
150	83,6	94,6	96,8
200	85,9	95,1	98,6
-----	-----	-----	-----
gemiddeld	84,0	91,7	97,4

Vershillen groter dan 3,2 kg per are tussen de slibtrappen binnen de N-gift zijn significant.

Het effect van de stikstofhoeveelheden was gering, alleen bij 10 ton slib waren 150 en 200 kg N duidelijk hoger. Wel was er een groot verschil in niveau tussen de slibtrappen; dit ondanks het feit dat bij 0 N bij alle slibtrappen de gegeven stikstof plus de bepaalde N-min 185 à 190 kg per ha bedroeg. Vanuit het slib is kennelijk in de loop van het groeiseizoen nog stikstof gemineraliseerd, wat tot dit niveauverschil heeft bijgedragen.

2.2.5 Proefjaar 1981

Begin maart zijn grondmonsters genomen om de hoeveelheid stikstof in het profiel te bepalen. Er waren duidelijke verschillen tussen de slibtrappen (tabel 14). De opkomst van de op 8 april gezaaide bieten was goed. Bij plantentellingen bleek echter, dat naarmate de stikstofgift hoger werd, het aantal planten geringer was (tabel 19). Aanvankelijk waren de verschillen in groei en ontwikkeling tussen slib- en stikstofhoeveelheden niet groot, maar in de loop van het groeiseizoen werden ze duidelijker. Met name bij 0 ton slib waren de stikstofhoeveelheden duidelijk te onderscheiden. In tabel 19 zijn de opbrengsten, gehalten en plantaantallen vermeld.

Tabel 19. Opbrengsten, gehalten en plantaantallen bij suikerbieten.

object slib in tonnen ds/ha	N in kg/ha	kg bieten per are	suikerge- halte in%	kg suiker per are	bepalingen in suikerfiltraat in mg eq/100 g suiker				aantal planten per are
					K	Na	K + Na	alfa- amino-N	
0	0	566,4	17,71	100,3	27,9	1,1	29,0	6,8	797
	50	677,7	17,69	119,9	26,6	1,1	27,7	7,2	781
	100	733,1	17,26	126,5	28,3	1,4	29,7	9,1	696
	150	739,2	16,82	124,6	30,2	1,7	31,9	11,9	722
	200	745,0	16,36	121,9	32,2	2,3	34,5	15,5	612
	gem.	692,3	17,17	118,7	29,0	1,5	30,5	10,1	
10	0	742,2	16,84	125,0	30,7	1,8	32,5	9,9	798
	50	783,2	16,86	132,1	31,1	1,8	32,9	11,7	716
	100	803,7	16,50	132,5	32,4	2,2	34,6	13,6	730
	150	814,2	15,96	130,0	33,9	3,1	37,0	17,4	682
	200	815,7	15,41	125,7	36,8	4,0	40,8	21,5	627
	gem.	791,8	16,31	129,1	33,0	2,6	35,6	14,8	
20	0	792,2	16,66	131,9	32,1	2,5	34,6	12,0	755
	50	825,6	16,11	133,0	34,2	2,9	37,1	15,2	778
	100	828,6	15,81	131,0	34,9	3,5	38,4	17,7	737
	150	809,2	15,01	121,7	39,5	5,6	45,1	24,2	594
	200	809,7	14,73	119,4	42,4	5,7	48,1	24,7	571
	gem.	813,1	15,66	127,4	36,6	4,0	40,6	18,8	

Het niveau van de wortelopbrengst blijft bij 0 ton slib duidelijk achter ten opzichte van 10 en 20 ton slib. De invloed van de stikstofhoeveelheden is bij 0 ton slib duidelijk, maar bij 10 ton slib veel geringer en bij 20 ton slib nauwelijks aanwezig. Het suikergehalte daalt naarmate meer slib en stikstof is gegeven. Hierdoor worden de verschillen bij de suikeropbrengst veel geringer. Toch is het niveau met name bij 10 ton slib duidelijk hoger, evenals bij de lagere stikstofhoeveelheden bij 20 ton slib. Vanwege een significante interactie tussen slib en stikstof kunnen de afzonderlijke hoofdeffecten niet getoetst worden. Naarmate meer slib en stikstof is gegeven, nemen de gehalten aan K + Na en alfa-amino-N toe.

2.2.6 Proefjaar 1982

De hoeveelheid minerale stikstof was bij 0, 10 en 20 ton slib respectievelijk 41, 58 en 84 kg N per ha bij het object 0 N (tabel 14). Op 26 februari werd aan de wintertarwe bij 0 ton slib 100 kg N per ha gegeven, bij 10 ton slib 82 kg N en bij 20 ton 52 kg N. Op 24 mei werd over het gehele proefveld een overbemesting gegeven van 50 kg N per ha.

De wintertarwe heeft na het zaaien wat geleden van een lichte verslemping en later door opvriezen in de vorstperiode van februari en maart. Hierdoor was het aantal planten geringer, maar het gewas stoelde voldoende uit. Toch was het aantal aren per m² niet optimaal; bij 0, 10 en 20 ton slib was dit respectievelijk 382, 447 en 450. Mogelijk was de verslemping bij 10 en 20 ton slib toch wat geringer vanwege een betere structuur. Dankzij een gunstig groeiseizoen waren de opbrengsten hoog, zoals uit tabel 20 blijkt.

Tabel 20. Opbrengsten in kg wintertarwe per ha.

kg N per ha op suikerbieten in 1981	kg wintertarwe per are		
	0 ton slib	10 ton slib	20 ton slib
0	83,2	95,6	92,4
50	84,6	97,4	96,1
100	88,5	95,7	98,2
150	90,9	95,7	98,0
200	90,7	96,7	100,2
-----	-----	-----	-----
gemiddeld	87,6	96,2	97,0

Verschillen groter dan 3,3 kg per are tussen de N-hoeveelheden binnen de slibgiftten zijn significant.

Verschillen groter dan 3,9 kg per are tussen de slibtrappen binnen de N-gift zijn significant.

Bij 0 en 20 ton slib was er een duidelijk effect van de stikstofhoeveelheden aanwezig. Bij 10 ton slib was er geen reactie, het waarom is niet duidelijk. Het opbrengstniveau bij 10 en 20 ton slib was evenals in 1980 veel hoger. Dit jaar zal het verschil in aantal aren per m² een rol hebben gespeeld, maar ongetwijfeld ook de mineralisatie van stikstof vanuit het slib.

2.2.7 Proefjaar 1983

Op dit proefveld zijn de stikstoftrappen vervallen en zijn alleen gegevens van de slibtrappen verzameld. De hoeveelheid N-min is bij 0 ton slib 20 à 30 kg N per ha lager dan bij 10 à 20 ton slib. De laag 0-60 cm is bemonsterd; in de overige jaren is dit gebeurd in de laag van 0-100 cm. Aan het gehele proefveld werd 200 kg N per ha gegeven op 11 maart.

Ondanks de late pootdatum ontwikkelde er zich een goed aardappelgewas. Het loof was zwaarder naarmate er meer slib was gegeven, maar de verschillen waren niet erg groot. Toen de aardappelen op 27 september werden doodgespoten waren alle veldjes nog grasgroen.

In tabel 21 worden de opbrengsten vermeld.

Tabel 21. Opbrengst en sortering van de aardappelen in kg per are.

slib in tonnen ds/ha	totaal opbrengst in kg per are	sortering in kg per are		
		<35 mm	35-55 mm	>55 mm
0	510	15	250	245
10	534	14	270	250
20	550	15	170	265

Verschillen groter dan 27 kg per are bij de totaalopbrengst zijn significant (5%-grens)

Per veld zijn er vier opbrengstbepalingen verricht van 6 m². Deze zijn apart gewogen en gesorteerd. De opbrengst bij 10 en 20 ton slib was respectievelijk 5 en 8% hoger dan bij geen slibtoepassing. Deze verhoging zal deels te danken zijn aan extra stikstof vanuit het slib, maar deels ook aan het specifieke slib-effect.

2.2.8 Proefjaar 1984

Uit de cijfers van de profielbemonstering blijkt dat er nog veel stikstof in het profiel aanwezig is, bij 10 en 20 ton slib 50 kg N per ha meer dan bij geen slib. De meeste stikstof kwam voor in de laag van 60-100 cm; bij 0, 10 en 20 ton

slib was dit respectievelijk 85, 125 en 110 kg N per ha.

De stikstofbemesting aan de wintertarwe is als volgt toegepast: 75 kg N per ha op 17 februari, 60 kg op 8 mei en 40 kg op 13 juni.

De tarwe kwam vlot op en kwam goed de winter door. Door de natte koele voorzomer was de ontwikkeling trager, waardoor het gewas later afrijpte. Het gewas bleef tijdens het groeiseizoen gezond; er zijn bespuitingen uitgevoerd tegen voetziekten, blad- en aarziekten en luizen.

De stand op de slibobjecten was wat voller, de afrijping van het stro en de korrel bij 10 en 20 ton slib verliep niet gelijktijdig. Toen de korrels rijp waren, waren de stengels en het blad nog groen; waarschijnlijk onder invloed van het grote stikstofaanbod: bij de slibobjecten 340 kg N per ha.

In tabel 22 zijn de opbrengsten weergegeven.

Tabel 22. Opbrengsten in kg wintertarwe per are.

slib in tonnen ds/ha	kg wintertarwe per are
0	98,8
10	97,7
20	98,2

In 1980 en 1982 waren er grote opbrengstverschillen tussen wel en geen toepassing van slib, daarvan is dit jaar geen sprake. Waarschijnlijk heeft dit te maken met het zeer ruime stikstofaanbod bij alle 3 objecten.

2.2.9 Proefjaar 1985

De hoeveelheid minerale stikstof in het profiel was bij geen slib 35 kg N per ha, bij 10 ton slib 80 kg en bij 20 ton slib 107 kg; dus behoorlijke verschillen (tabel 14). Voor het gewas suikerbieten werd bij geen slib 160 kg N per ha gegeven, bij 10 ton slib 84 kg en bij 20 ton slib 38 kg.

Gedurende het groeiseizoen waren de verschillen tussen de objecten klein.

In tabel 23 worden de opbrengsten vermeld.

Tabel 23. Opbrengsten, gehalten en plantaantallen bij suikerbieten.

object slib in tonnen ds/ha	kg bieten per are	suikerge- halte in %	kg suiker per are	bepalingen in suikerfiltraat in mg eq/100 g suiker				aantal planten per are
				K	Na	K + Na	alfa- amino-N	
0	487,1	16,11	78,6	34,3	3,4	37,7	13,7	557
10	468,5	15,84	74,5	35,0	3,7	38,7	14,6	592
20	543,3	16,13	87,6	33,8	3,5	37,3	13,3	631

De hoogste suikeropbrengst wordt bereikt bij 20 ton slib en bij 10 ton slib was de opbrengst het laagste. De gevonden verschillen zijn niet significant. De verschillen van de bepalingen in het suikerfiltraat zijn niet groot.

2.2.10 Proefjaar 1986

Er zijn geen verschillen in hoeveelheid minerale stikstof tussen de slibobjecten (tabel 14). Op 19 februari werd aan de wintertarwe 80 kg N per ha gegeven en op 22 mei is een tweede gift gegeven van 55 kg.

Het tarwegewas had een dunne en onregelmatige stand. Door de harde wind in de laatste week van augustus ontstond er veel korreluitval. Hoewel de opbrengsten wel zijn bepaald worden deze niet vermeld, omdat de dunne stand en de korreluitval de cijfers te veel hebben beïnvloed. Hierdoor mag er geen waarde worden toegekend aan de uitgevoerde opbrengstbepaling.

3. SAMENVATTING RESULTATEN OVER DE TOTALE PROEFPERIODE

Uit het onderzoek is gebleken dat zuiveringsslib net als andere organische meststoffen in de eerste plaats een stikstofmeststof is met een moeilijk te voorspellen werking.

Alleen minerale stikstof kan door het gewas worden opgenomen. Deze komt in slib voornamelijk in de vorm van ammoniak voor. Deze kan door vervluchtiging verloren gaan bij de toediening, vooral onder droge omstandigheden. Na inwerking van het slib in de grond wordt de ammoniak als regel vrij snel omgezet in nitraat, dat verloren kan gaan door uitspoeling en of denitrificatie. Verder blijft men in onzekerheid over de hoeveelheid stikstof die door mineralisatie vanuit het organische deel van het slib vrijkomt.

Dient men het slib in de herfst toe, dan kunnen deze onzekerheden gedeeltelijk worden opgevangen door bepaling van de hoeveelheid minerale stikstof in het profiel in het voorjaar. Bij de te geven hoeveelheid kunstmeststikstof kan hiermee

rekening worden gehouden, hoewel het verband tussen N-min in het profiel in het voorjaar en de optimale kunstmeststikstofgift in de proeven niet zo groot is. Wordt het slib in het voorjaar gegeven, dan kan alleen rekening worden gehouden met de minerale stikstof in het slib. Voor beide toepassingen blijft de onzekerheid omtrent de hoeveelheid stikstof die tijdens het groeiseizoen vrijkomt uit de organische stof; dit blijkt van jaar tot jaar sterk te wisselen.

Tabel 24. Opbrengsten aardappelen in kg/are.

object		knoelopbrengst in kg per are						uitbetalingsgew. in kg/are ²⁾					
slib in													
tonnen	N in	RH 400	BEM 265	KL 289		FH 86 ¹⁾	WR 158		AGM 316				
ds/ha	kg/ha	1979	1979	1977	1981	1979	1978	1982	1978	1980	1982	1984	1986
0	0	219,3	304,0	447,5	483,0	145,4	380,3	323,0	275	347	391	699	451
	50	341,0	387,5	506,6	550,3	229,2	400,3	433,7	413	445	478	738	566
	100	420,7	447,9	526,6	599,0	267,1	418,7	522,5	432	499	459	651	575
	150	458,3	478,2	546,4	613,0	356,3	451,2	551,4	448	491	447	659	617
	200	468,7	486,7	556,1	626,0	404,2	481,0	566,0	454	501	434	654	641

gemiddeld		381,6	420,9	516,6	574,3	280,4	426,3	479,3	404	457	442	680	570

10	0	396,0	425,0	502,6	522,8	225,0	376,2	500,3	460	514	459	722	533
	50	424,7	485,5	516,4	565,9	292,5	415,7	496,0	468	569	495	732	635
	100	497,3	524,3	536,1	589,3	368,8	466,5	544,7	498	565	413	697	601
	150	525,0	560,0	540,0	619,3	415,0	499,0	562,5	473	587	420	728	671
	200	492,7	557,4	545,6	640,0	431,7	505,0	535,3	464	543	441	721	683

gemiddeld		467,1	510,4	528,3	587,5	346,6	452,5	527,8	473	556	446	720	625

20	0	454,7	476,7	506,0	576,8	242,8	500,2	539,5	510	524	477	806	596
	50	518,7	520,2	553,8	598,2	262,1	504,8	572,0	511	586	488	749	643
	100	584,3	557,5	545,1	634,9	337,9	514,0	580,1	504	566	417	788	696
	150	590,0	608,1	559,1	628,3	412,1	518,3	603,8	443	578	432	662	699
	200	571,3	604,4	556,1	649,6	394,2	539,0	609,3	487	597	392	661	689

gemiddeld		543,8	553,4	544,0	617,6	329,8	515,3	580,9	491	570	441	733	664

¹⁾ pootaardappelen

²⁾ fabrieksaardappelen

Bij de bepaling van de te geven kunstmeststikstofgift voor het gewas kan men alleen rekening houden met de hoeveelheid minerale stikstof in het profiel of het slib. Daarom kan het slib het best worden gegeven aan een gewas dat niet al te gevoelig is voor een zekere overmaat aan stikstof. Uit het onderzoek is gebleken dat aardappelen vaak gunstig reageren op extra stikstof die tijdens het groeiseizoen via mineralisatie beschikbaar komt. In een aantal gevallen waren de knolopbrengsten met slib duidelijk hoger dan zonder slib (zie tabel 24). In deze gevallen is er sprake van een positief resteffect. Dit resteffect kwam voornamelijk tot uiting in de sortering van de knollen; het aantal grote knollen nam toe. Wel werd het onderwatergewicht door meer stikstof en slib (eveneens een stikstofeffect) nadelig beïnvloed, waardoor het resteffect in het uitbetalingsgewicht bij fabrieksaardappelen minder sterk naar voren komt als in de knolopbrengst. In tabel 24 zijn ook de opbrengsten vermeld van vier andere proeven met een identieke opzet, die na zes jaar zijn afgesloten (1977 t/m 1982). Het slib had soms bij suikerbieten een zwak positief resteffect op de bietenopbrengst, maar door een negatief effect op het suikergehalte was het resteffect op de suikeropbrengst gemiddeld nihil. Tevens heeft het slib een negatief effect op de gehalten aan alfa-amino-N, K en Na in het suikerfiltraat en daarmee op de winbaarheid van suiker. De door mineralisatie vrijkomende stikstof uit de organische stof van het slib tijdens het groeiseizoen geeft bij bieten een versterkte loofontwikkeling en een verhoging van de stikstofgehalten in loof en biet. Het gewas suikerbieten is voor toepassing van slib in deze hoeveelheden minder geschikt dan aardappelen.

In de meeste gevallen was er een duidelijk gunstige nawerking van het slib op de opbrengst van wintertarwe, met name vanaf 1980. Dit zal in de eerste plaats moeten worden toegeschreven aan een verbetering van de stikstofhuishouding van de grond. Hoewel in het voorjaar vaak de verschillen in minerale stikstof niet groot waren is er kennelijk tijdens het groeiseizoen een grotere mineralisatie op de slibobjecten (= vrijkomen van stikstof uit het aangevoerde slib) opgetreden.

4. CONCLUSIES

Opgemerkt moet worden dat de proeven zijn uitgevoerd met aanzienlijk grotere hoeveelheden slib dan is toegestaan, nl. 10 en 20 ton ds/ha aan de hakvruchten. Dit houdt in dat in een bouwplan suikerbieten-graan-aardappelen-graan in 4 jaar respectievelijk 20 en 40 ton ds/ha is gegeven. Bij de proef AGM 316 met drie hakvruchten in 4 jaar is dit zelfs 30 en 60 ton ds/ha. Dit is bewust gedaan om eventueel nadelige effecten van zware metalen sneller te achterhalen. Per jaar

mag momenteel 2 ton ds/ha worden gegeven (richtlijnen Unie van Wetenschappen). Bij zuiveringsslib is het stikstofeffect het belangrijkste, doch helaas niet exact voorspelbaar.

Bij de proef AGM 316 met drie hakvruchten in vier jaar is dit zelfs 30 en 60 ton ds/ha.

Bij herfsttoediening kan men in het voorjaar de hoeveelheid minerale stikstof in het profiel laten bepalen. Bij voorjaarstoediening kan men het best alleen rekening houden met de minerale stikstof in het slib. Een onzekere factor blijft echter de hoeveelheid stikstof die door mineralisatie tijdens het groeiseizoen vrijkomt.

In het hierboven genoemde bouwplan kan het slib het beste aan aardappelen worden gegeven, omdat dit gewas op het vrijkomen van gemineraliseerde stikstof vaak reageert door hogere knolopbrengsten.

Bij het gewas suikerbieten wordt door slib de bietenopbrengst in een aantal gevallen hoger. Doordat het suikergehalte nadelig wordt beïnvloed (stikstofeffect) resulteert het niet in een hogere suikeropbrengst (soms zelfs een lagere). Bovendien wordt de winbaarheid van de suiker door het slib negatief beïnvloed. Daarom is het niet aan te bevelen slib te geven aan suikerbieten. Zie ook verslag nr. 38 d.d. maart 1985.

DEEL B. INVLOED VAN HET GEBRUIK VAN ZUIVERINGSSLIB OP DE BODEM- EN GEWASSAMENSTELLING

1. INLEIDING

Hoge gehalten aan zware metalen in de grond kunnen invloed hebben op de productie en samenstelling van gewassen. Uitgaande van de gemiddelde zware metaalgehalten van de Nederlandse akkerbouwgronden (Van Driel and Smilde, 1981) geeft het gebruik van zuiveringsslib het eerst problemen met koper. De normen voor het gebruik van zuiveringsslib op bouwland (bijlage 1) zijn hierop afgestemd; er mogen geen landbouwkundige problemen optreden op de meest gevoelige (zand)gronden als gedurende 100 jaar jaarlijks 2 ton zuiveringsslib (op drogestof-basis) per hectare wordt gegeven.

In de periode 1976-1982 werd op initiatief van de Stichting Toegepast Onderzoek Reiniging Afvalwater (STORA), door het Proefstation voor de Akkerbouw en Groenteteelt in de Vollegrond (PAGV) in samenwerking met het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB), een onderzoek naar de landbouwkundige waarde van zuiveringsslib uitgevoerd op zes proefboerderijen (De Haan et al., 1986). In dit onderzoek werd tevens de invloed van het gebruik van zuiveringsslib op de bodem- en gewassamenstelling onderzocht. Bij beëindiging van het onderzoek in 1982 konden geen duidelijke effecten van het gebruik van zuiveringsslib op de bodem- en gewassamenstelling worden vastgesteld. Onduidelijk was of dit ook op de lange termijn het geval zou zijn. Om hierover aanwijzingen te krijgen werd besloten het onderzoek in beperkte vorm voort te zetten op twee proefboerderijen. Het onderzoek richtte zich met name op de zware metalen.

Dit rapport geeft de resultaten van tien jaar onderzoek naar de invloed van het landbouwkundig gebruik van grote hoeveelheden zuiveringsslib op de bodem- en gewassamenstelling.

2. Opzet, uitvoering en verwerking

De twee proefvelden AGM 316 en BEM 265 lagen op de proefboerderijen A.G. Mulderhoeve (AGM) te Emmercompasuum en Prof. Dr. J.M. van Bemmelenhoeve (BEM) te Wieringerwerf. Beide proefvelden zijn beschreven door De Haan et al. (1986). In 1976 zijn drie zuiveringsslibtrappen, 0, 10 en 20 ton drogestof per ha, in viervoud aangelegd. Door de hoge giften (2 ton drogestof per hectare per jaar is toegestaan) kan de landbouwkundige waarde en de invloed van het zuiveringsslib op de bodem- en gewassamenstelling versneld worden vastgesteld. In de periode 1976-1986 lagen op AGM 316 binnen de slibobjecten vijf stikstoftrappen (0, 50, 100, 150 en 200 kg stikstof per hectare) bij de teelt van hakvruchten om de

stikstofwerking van zuiveringsslib vast te stellen. Op proefveld BEM 265 lagen de N-trappen alleen in de periode 1976-1981.

In het onderzoek werd ontwaterd zuiveringsslib, afkomstig van de zuivering van huishoudelijk afvalwater, gebruikt. Uitzondering was proefveld AGM 316, waar tot 1981 vloeibaar zuiveringsslib werd gebruikt. Het zuiveringsslib werd in de herfst voorafgaand aan de teelt van hakvruchten aan de bodem toegediend. Door het verschil in vruchtopvolging (tabel 1) resulteerde dit in acht giften op AGM 316 en vijf giften op BEM 265. Het zuiveringsslib werd geanalyseerd op pH-H₂O en de gehalten aan organische stof, drogestof, de macro-elementen (N, P, K, Ca, Mg, Na, Cl, S) en micro-elementen (As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn) (bijlage 2). Kunstmeststoffen werden toegediend om optimale gewasopbrengsten te krijgen. Er werd geen rekening gehouden met in het zuiveringsslib aanwezige plante-voedende stoffen.

Tabel 1. Geteelde gewassen en rassen op BEM 265 en AGM 316 in de periode 1976-1986.

jaar	AGM 316	BEM 265
1977	suikerbieten (Monohil)	suikerbieten (Monohil)
1978	aardappelen (Prominent)	wintertarwe (Caribo)
1979	zomertarwe (Arkas)	aardappelen (Bintje)
1980	aardappelen (Procura)	wintertarwe (Arminda)
1981	suikerbieten (Monohil)	suikerbieten (Monohil)
1982	aardappelen (Elkana)	wintertarwe (Arminda)
1983	zomertarwe (Ralle)	aardappelen (Bintje)
1984	aardappelen (Prominent)	wintertarwe (Arminda)
1985	suikerbieten (Regina)	suikerbieten (Regina)
1986	aardappelen (Element)	wintertarwe (Granada)

Bij de N-bemesting van granen werd meestal rekening gehouden met de hoeveelheid minerale stikstof in het profiel aan het eind van het winterseizoen.

Gewasresten werden van het land verwijderd. Uitzondering hierop vormde het bietebblad op BEM 265, dat in 1978 werd ondergeploegd.

In 1976 werden van beide proefvelden grondmonsters van de bouwvoor genomen; in 1982 en 1986 mengmonsters (van de bouwvoor) van de objecten. De grondmonsters werden geanalyseerd op pH-KCl, het percentage afslibbaar en organische stof en de gehalten aan N (totaal), P₂O₅ (totaal), P₂O₅ (water), K₂O (totaal), K₂O (0,1 N HCl), CaO (totaal), MgO (totaal), MgO (NaCl) en de totaalgehalten aan S, Fe, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb en Zn. Gewasanalyses werden in het direct of indirect te

consumeren gewasdeel uitgevoerd. Hiertoe werden mengmonsters van de objecten genomen. Bij de teelt van de hakvruchten werden gewasmonsters genomen van de velden met de hoogste N-gift. De gewasmonsters zijn geanalyseerd op Cd, Cu, Mn, Ni en Zn.

Alle grond- en gewasmonsters zijn contaminatievrij verwerkt en geanalyseerd. De gewasmonsters werden gewassen en nagespoeld met demiwater.

Om de verschillen in techniek en betrouwbaarheid van zware-metaalanalyses in grond- en gewasmonsters zo klein mogelijk te maken zijn alle grondmonsters uit 1976, 1982 en 1986 en de gewasmonsters, voor zover aanwezig, in 1987/1988 opnieuw geanalyseerd op Cd, Zn, Cu en Ni. Met behulp van de resultaten van de grond- en gewasanalyse is nagegaan of:

- het gebruik van zuiverings-slib invloed heeft op de (chemische) samenstelling van de bouwvoor,
- de zware-metaalgehalten in de bouwvoor de signaalwaarden voor landbouwgronden (LAC-waarden) overschrijden,
- de toename van de gehalten aan de zware metalen in de bouwvoor gelijk is aan de hoeveelheid metaal die is aangevoerd met zuiverings-slib,
- zuiverings-slib invloed heeft op de zware-metaalgehalten in de gewassen, en of
- de zware-metaalgehalten in de gewassen de kwaliteitsnormen voor consumptieproducten en veevoeders overschrijden.

De invloed van het gebruik van zuiverings-slib op de samenstelling van bodem en gewas is nagegaan. De bodem- en gewassamenstelling van de objecten met 10 en 20 ton slib is vergeleken met die van het object zonder slib. Nagegaan is of een stijging of daling van de gehalten is opgetreden als gevolg van slibtoediening. Met behulp van de tekentoets is de statistische significantie van deze stijgingen/dalingen nagegaan. Door het beperkt aantal waarnemingen kunnen geen hoge eisen aan de statistische betrouwbaarheid gesteld worden (toetsing bij $P = 0,10$ en $P = 0,05$). De vergelijkingen en toetsingen zijn uitgevoerd met de waarnemingen van beide proefvelden samen en, indien mogelijk, apart.

Door de Landbouwadvisiecommissie Milieukritische Stoffen (1986) is een stelsel van signaalwaarden voor landbouwgronden geformuleerd (tabel 2), waarbij onderscheid wordt gemaakt in grondsoort en grondgebruik. De signaalwaarden zijn bedoeld als een indicatieve waarde, waarboven mogelijk problemen op kunnen treden met gewasproductie en/of gewassamenstelling. Er zijn geen signaalwaarden voor Ni geformuleerd.

Er is nagegaan of de zware-metaalgehalten in de bouwvoor van de slibobjecten de signaalwaarden overschrijden.

Zware metalen worden in het algemeen sterk geadsorbeerd aan bodemdeeltjes. Als wordt aangenomen dat de zware-metalenafvoer uit de bouwvoor voor alle

Tabel 2. LAC-signaalwaarden voor metalen in grond zoals in 1986 zijn vastgesteld (mg/kg drogestof).

element		zand-/dalgrond	klei-/veengrond
Cd	consumptiegewassen	0,5	1,0
	grasland	2,0	3,0
Cu	consumptiegewassen	50	200
	grasland (schaap)	30	30
	grasland (rund)	50	80
Hg	(niet gedifferentieerd)	2	2
Pb	consumptiegewassen	100	200
	grasland	150	150
Zn	consumptiegewassen	100	350
	grasland	100	350

slibobjecten gelijk is, zou de toename van de zware-metaalgehalten in de bouwvoor gelijk moeten zijn aan de toename van de zware-metaalgehalten als gevolg van het toedienen van zuiveringsslib. Deze balansberekening kan mogelijk inzicht geven in de verandering van de samenstelling van de bouwvoor bij veelvuldig gebruik van zuiveringsslib. De berekening is uitgevoerd voor de zware-metaalgehalten van de slibobjecten in 1986.

In de Warenwet (1985) is voor aardappelen en graanprodukten een maximaal toelaatbaar Cd-gehalte van respectievelijk 0,1 en 0,15 mg per kg produktgewicht (omgerekend 0,18 mg/kg droog graan bij een drogestofgehalte van 83%) vastgesteld. Voor Zn, Cu, Mn en Ni zijn geen maximaal toelaatbare gehalten vastgesteld.

Het Produktschap voor Veevoeder (1975) heeft vastgesteld dat het Cd-gehalte in enkelvoudige diervoeders niet hoger mag zijn dan 1,14 mg per kg drogestof (omgerekend van 88% drogestof naar 100% drogestof). In dit onderzoek is nagegaan of de gewassen deze gehalten overschrijden en of dit afhankelijk is van de grootte van de slibgift.

3. RESULTATEN

3.1 Bodemsamenstelling

Bijlage 3 geeft de analyseresultaten van de grondmonsters uit de bouwvoor waarmee de statistische bewerkingen zijn uitgevoerd. In tabel 3 zijn de resultaten samengevat. Hieruit blijkt dat in 1982 en 1986 voor vele elementen geldt dat de

gehalten in de bouwvoor van de objecten met 10 en 20 ton slib significant hoger zijn dan die van het object zonder slib.

Tabel 3. Invloed van slibtoediening op de samenstelling van de bouwvoor in 1982 en 1986. Resultaten van de statistische bewerking (tekentoets): + = toename, - = afname, 0 = geen effect.

	BEM 265 (P = 0,10)	AGM 316 (P = 0,10)	BEM+AGM (P = 0,05)
Organische stof	+	0	+
N-tot	0	+	+
P ₂ O ₅ -tot	+	+	+
P ₂ O ₅ -water	+	+	+
K ₂ O (0,1 N HCL)	0	+	+
CaO-tot	-	+	0
MgO (NaCl)	+	+	+
Fe-tot	+	+	+
Cd-tot	+	+	+
Cu-tot	+	+	+
Pb-tot	+	+	+
Zn-tot	+	+	+
Hg-tot	+	+	+
B (water)	+	+	+

Opvallend is de significante daling van de CaO-totaalgehalten op BEM 265 en de significante stijging op AGM 316. De verschillen zijn echter gering en praktisch niet van belang.

Vergelijking van de zware-metaalgehalten in de bouwvoor van de slibobjecten met de LAC-sigitaalwaarden maakt duidelijk dat de Cd-, Zn-, Hg- en Pb-totaalgehalten op AGM 316 en BEM 265 meestal beduidend lager zijn dan de sigitaalwaarden. De Cu-totaalgehalten overschrijden de sigitaalwaarden niet als wordt uitgegaan van de teelt van consumptiegewassen. Bij gebruik als grasland voor schapen kunnen mogelijk problemen optreden.

In bijlage 4 zijn de resultaten van de balansberekening van de metaalgehalten in de bouwvoor van de objecten met 10 en 20 ton slib in 1986 weergegeven als percentage van de berekende toename van de metaalgehalten via toediening van zuiveringslib. Tussen de proefboerderijen, slibobjecten en zware metalen bestaan opvallende verschillen.

3.2 Gewassamenstelling

In bijlage 5 zijn de Cd-, Cu-, Mn-, Ni- en Zn-gehalten van (suiker)biet en (suikerbieten)loof gegeven, zowel per jaar als gemiddeld over de gehele proefperiode. Het gemiddelde Cd-, Mn- en Zn-gehalte op proefveld BEM 265 is voor beide gewasonderdelen beduidend lager dan op AGM 316. Voor BEM 265 geldt dat de Cu-gehalten hoger en de Ni-gehalten gelijk of hoger zijn dan op AGM 316. Uit de combinatie van de resultaten van de twee proefvelden blijkt dat de Cd-, Cu-, en Zn-gehalten in het loof en de Zn-gehalten in de biet, bij de objecten met 10 en 20 ton slib significant hoger zijn dan die van het object zonder slib (tabel 4). Op proefveld AGM 316 zijn de Cd- en Cu-gehalten in loof en de Zn-gehalten in biet eveneens significant hoger in de objecten met 10 en 20 ton slib; op BEM 265 is dit alleen voor Zn in de biet het geval.

Tabel 4. Invloed van zuiveringsslib op de zware-metaalgehalten in suikerbiet en suikerbietenloof. Resultaten van de statistische bewerking (tekentoeets): 0 = geen invloed, + = significante stijging.

	AGM 316 (P = 0,10)	BEM 265 (P = 0,10)	AGM + BEM (P = 0,10)
Cd biet	0	0	0
loof	+	0	+
Cu biet	0	0	0
loof	+	0	+
Mn biet	0	0	0
loof	0	0	0
Ni biet	0	0	0
loof	0	0	0
Zn biet	+	+	+
loof	0	0	+

Als de (suiker)biet wordt gebruikt voor de extractie van suiker blijft Cd voor 50% in de pulp (ongeveer 25% van de totale drogestof van de biet) achter. Bij gebruik van bietenpulp als veevoer mag het Cd-gehalte niet hoger zijn dan 1,14 mg/kg drogestof. Dit betekent dat het Cd-gehalte in de biet niet hoger mag zijn dan 0,57 mg/kg drogestof. Gedurende het hele onderzoek werd op AGM 316 en BEM 265 dit gehalte niet overschreden. Bij gebruik van (bieten)loof als veevoeder is het toelaatbaar Cd-gehalte 1,14 mg/kg drogestof. Op AGM 316 en BEM 265 treden geen overschrijdingen van deze norm op.

Wintertarwe is alleen op proefveld BEM 265 geteeld. In bijlage 6 zijn de zware-metaalgehalten en het gemiddelde gehalte in de tarwekorrel gegeven.

Er kan geen significant effect van het gebruik van zuiveringsslib op de zware-metaalgehalten van de tarwekorrels worden vastgesteld.

Het maximaal toelaatbare Cd-gehalte in granen bestemd voor menselijke consumptie wordt tijdens de gehele onderzoeksperiode tweemaal overschreden. Er bestaat echter geen duidelijk verband tussen de overschrijdingen en de grootte van de slibgift. Als de tarwekorrels bestemd zijn voor veevoeding wordt de Cd-grenswaarde niet overschreden.

In bijlage 7 zijn de zware-metaalgehalten in de aardappelknol gegeven. Op BEM 265 zijn de gemiddelde Cd-, Mn- en Zn-gehalten van de aardappelknol lager dan op AGM 316, die van Cu en Ni hoger. Indien de gewasgehalten van beide proefvelden worden gecombineerd blijken de Cu- en Zn-gehalten van de objecten met 10 en 20 ton slib significant (tekentoets, $P = 0,05$) hoger te zijn dan die van het object zonder slib. Worden de resultaten per proefveld bewerkt, dan blijken op BEM 265 de Cu-gehalten van de objecten met slib significant hoger te zijn dan die van het object zonder slib. Voor AGM 316 geldt dit voor Cu en Zn.

Het Cd-gehalte in aardappelknollen bestemd voor menselijke consumptie mag niet hoger zijn dan 0,1 mg/kg op produktbasis. Dit is vergelijkbaar met 0,4 mg/kg op drogestofbasis. Bij bestudering van de Cd-gehalten blijkt geen enkele overschrijding te zijn opgetreden. Ook de kwaliteitsnormen voor veevoeder worden niet overschreden.

Zomertarwe is alleen geteeld in proef AGM 316. In bijlage 8 zijn de zware-metaalgehalten van de tarwekorrels gegeven. Tijdens het onderzoek zijn de Cd- en Cu-gehalten van de objecten met slib significant ($P = 0,10$) hoger dan die van het object zonder slib.

Als de Cd-gehalten in de tarwekorrel worden getoetst aan de toelaatbare gehalten volgens de Warenwet (1985) (omgerekend 0,18 mg/kg drogestof), treden geen overschrijdingen op. Kwaliteitsnormen voor veevoeder worden ook niet overschreden.

4. Bespreking resultaten

Het project "Zuiveringsslib in de Akkerbouw" werd in 1982 voortgezet om aanwijzingen te krijgen of het gebruik van grote hoeveelheden zuiveringsslib invloed zou hebben op de bodem- en gewassenstelling. De oorspronkelijke proefopzet, bemonsteringsschema's etc. zijn daarbij gehandhaafd en de meetnauwkeurigheid niet duidelijk verbeterd. Hierdoor is maar een beperkte statistische verwerking

van de resultaten mogelijk en kunnen geen hoge eisen aan de statistische betrouwbaarheid van de resultaten gesteld worden.

Bij de bestudering van de resultaten van de grondanalyses blijken deze zeer variabel te zijn en vertonen ze niet het verwachte beloop. De gehalten in grond van de objecten met 10 en 20 ton slib zijn namelijk niet altijd hoger dan die van respectievelijk het object zonder slib en de objecten met 0 en 10 ton slib; tevens stijgen de gehalten in de objecten met 10 en 20 ton slib niet altijd bij het voortduren van de proef. Hiervoor zijn geen duidelijke oorzaken aan te geven. Voor de bewerkingen van de resultaten betekende dit dat de slibobjecten alleen binnen een jaar vergeleken konden worden.

De berekende toename van de metaalgehalten in de bouwvoor van de objecten met slib verschillen sterk van de werkelijk gevonden metaalgehalten (bijlage 4). Mogelijk is de aanname van gelijke zware-metalenafvoer niet correct of zijn de zware-metaalgehalten in de grond in 1976 en 1986 en die in het gebruikte zuiveringsslib vanaf 1976 niet geheel juist. Andere redenen kunnen zijn: afvoer van grondeeltjes via de geoogste gewassen en/of het dieper ploegen dan de bouwvoor. De balansberekening lijkt in dit onderzoek dan ook niet bruikbaar om een uitspraak te doen over de invloed van het gebruik van zuiveringsslib op de zware-metaalgehalten in de bouwvoor.

In dit onderzoek zijn aanwijzingen gekregen dat zuiveringsslib invloed heeft op de samenstelling van de bouwvoor en het gewas. De veranderingen van de gehalten in de bouwvoor hebben in dit onderzoek niet geleid tot duidelijk negatieve effecten.

Uitgangspunt bij de richtlijnen voor het gebruik van zuiveringsslib (Unie van Waterschappen, 1985) is dat het jaarlijks gebruik van 2 ton zuiveringsslib (als drogestof) gedurende 100 jaar op gevoelige gronden geen negatieve effecten mag veroorzaken. Om twee redenen mogen dan ook in dit onderzoek geen duidelijke negatieve effecten verwacht worden. Allereerst liggen de proefvelden AGM 316 en BEM 265 niet op gevoelige gronden. Ten tweede is de maximale hoeveelheid zware metalen die in honderd jaar gegeven kan worden met zuiveringsslib dat voldoet aan de richtlijnen, beduidend hoger dan de werkelijke zware-metalenaanvoer op de objecten met 10 en 20 ton slib in de 10 jaar van dit onderzoek (bijlage 9).

5. Conclusies

De proefopzet en de bemonsteringdichtheid, zoals vastgesteld in 1976, van de objecten in de veldproeven AGM 316 en BEM 265, zijn alleen bruikbaar om aanwijzingen te krijgen over de invloed van het gebruik van zuiveringsslib op de

bodem- en gewassamenstelling.

In het onderzoek zijn in de objecten met 10 en 20 ton slib (tekentoets, $P = 0,05$) hogere gehalten aan organische stof, N-totaal, P_2O_5 -totaal, P_2O_5 -water, K_2O (0,1 N HCl), MgO (NaCl), Cd (totaal), Cu (totaal), Zn (totaal), Fe (totaal), Pb (totaal), Hg (totaal) en B (water) gevonden dan in het object zonder slib. Dit is een duidelijke aanwijzing dat bij veelvuldig gebruik van zuiveringsslib de samenstelling van de bouwvoor verandert; dit kan op termijn mogelijk invloed hebben op de samenstelling en produktie van gewassen.

In het onderzoek resulteerde het gebruik van zuiveringsslib niet in een overschrijding van de landbouwkundige kwaliteitsnormen van akkerbouwgronden (LAC-waarden). In de toekomst zullen echter referentiewaarden als criterium gaan gelden voor het gebruik van zuiveringsslib.

In het onderzoek is gevonden dat in de objecten met 10 en 20 ton slib de Cd-, Cu- en Zn-gehalten in het suikerbietenloof en de Zn-gehalten in de biet significant (tekentoets, $P = 0,10$) hoger waren dan in het object zonder slib. Voor de aardappelknol gold dit voor Cu en Zn ($P = 0,05$) en voor zomertarwe voor Cd en Cu ($P = 0,10$). Voor wintertarwe konden geen effecten worden vastgesteld. Hieruit blijkt dat met name de Cu-, Zn- en Cd-gehalten in akkerbouwgewassen door zuiveringsslib worden beïnvloed.

Overschrijding van de Cd-kwaliteitsnormen voor graanprodukten bestemd voor menselijke consumptie is tweemaal geconstateerd bij wintertarwe, maar er is geen duidelijk verband met de zuiveringsslibgiften.

Literatuur

Driel, W. van and Smilde, K.W. (1981). Heavy metal contents in Dutch arable soils. VDLUFA-congres Trier. Landwirtsch. Forsch. Sonderh. 38: 305-313.

Haan, S. de, Lubbers, J. en Jong, A. de (1986). Zuiveringsslib in de akkerbouw. Verslag nr. 38 PAGV, Lelystad, 111 p.

Landbouw Advies Commissie Milieukritische stoffen (1986). Signaalwaarden voor de gehalten van milieukritische stoffen in grond met het oog op landbouwkundige gebruiksmogelijkheden van verontreinigde bodems. LAC-rapport nr. 86.1.

Produktschap Veevoeder (1975). Verordening voor ongewenste stoffen en produkten.

Unie van Waterschappen, (1985). Richtlijn voor de afzet van zuiveringsslib ten behoeve van gebruik op bouw- en grasland. Den Haag, 1985.

Warenwet (1985). Ned. Staatscourant, nr. 85.

Bijlage 1. Maximaal toelaatbare gehalten aan zware metalen in zuiveringslib volgens de richtlijn van de Unie van Waterschappen (1985) voor de afzet van zuiveringslib ten behoeve van gebruik op bouw- en grasland (mg/kg drogestof).

Zink	2000
Cadmium	5
Koper	600
Nikkel	100
Arseen	10
Kwik	5
Lood	500

Bijlage 2. Samenstelling van het in de verschillende jaren op AGM 316 en BEM 265 gebruikte zuiveringsslib (op drooggewicht).

jaar	1977	1978	1980	1981	1982	1984	1985	1986
AGM 316								
pH-H ₂ O	7,5	7,1	6,9	7,4	7,0	6,7	5,7	6,3
drogestof %	4,2	3,9	8,7	37,4	46,6	40,8	33,4	38,7
Org. stof %	59,5	76,9	36,8	39,3	26,0	23,5	53,9	50,1
N (totaal) %	10,48	7,44	2,41	2,57	1,27	1,20	3,32	3,28
N (mineraal) %	7,63	1,0	0,28	0,05	0,15	0,04	0,41	0,22
P ₂ O ₅ (tot) %	5,24	4,87	2,18	3,42	1,05	2,06	4,58	4,11
K ₂ O (tot) %	0,95	0,77	0,34	0,16	0,09	0,07	0,09	0,10
CaO (tot) %	3,81	3,08	1,61	2,59	0,73	1,76	3,86	4,08
MgO (tot) %	0,95	0,51	0,23	0,29	0,13	0,22	0,33	0,36
Na ₂ O (tot) %	0,48	0,51	0,23	0,05	0,00	0,03	0,03	0,03
Cl (tot) %	0,24	0,77	0,11	0,05	0,02	0,03	0,0	0,05
SO ₃ (tot) %	3,1	3,33	0,92	1,52	0,88	1,35	2,13	3,05
As (tot) mg/kg	4,76	10,3	9,2	2,41	1,72	2,7	4,5	4,7
B ,, ,,	952	154	46	40	24	21	36	64
Cd ,, ,,	5,24	6,41	1,49	5,67	2,83	3,04	3,68	3,82
Co ,, ,,	8,57	4,36	1,95	0,27	0,62	0,3	0,6	3,1
Cr ,, ,,	40	39	29	58	30	80	174	95
Cu ,, ,,	583	618	321	869	275	324	734	664
Fe ,, ,,	4000	7590	5333	12591	7116	16868	28000	26574
Hg ,, ,,	0,48	1,03	0,34	2,35	1,03	2,5	3,5	2,64
Mn ,, ,,	262	180	241	195	115	189	222	227
Mo ,, ,,	3,1	3,85	2,53	5,61	2,23	2,9	7,2	3,1
Ni ,, ,,	29	18	9	19	8	1,5	58	32,6
Pb ,, ,,	190	256	105	342	165	282	240	261
Zn ,, ,,	1014	1203	431	1289	712	885	991	1010

Vervolg Bijlage 2.

jaar	1977	1979	1981	1983	1985
BEM 265					
pH-H ₂ O	8,7	6,0	7,3	7,5	6,6
drogestof %	28,4	38,2	45,5	47,5	57,1
Org. stof %	40,9	38,7	31,0	n.b	n.b
N (totaal) %	3,63	2,6	1,76	1,22	0,86
N (mineraal) %	0,22	0,13	0,22	0,01	0,03
P ₂ O ₅ (tot) %	4,89	5,5	4,07	2,95	3,12
K ₂ O (tot) %	0,35	0,20	0,18	0,11	0,09
CaO (tot) %	1,44	5,00	6,94	4,69	4,13
MgO (tot) %	0,60	0,60	0,40	0,51	0,37
Na ₂ O (tot) %	0,14	0,10	0,09	0,06	0,02
Cl (tot) %	0,18	0,10	0,07	0,02	0,02
SO ₃ (tot) %	2,22	2,40	3,12	1,75	1,05
As (tot) mg/kg	19,01	10,7	6,81	9,3	10,5
B ,, ,,	49	45	33	42	36
Cd ,, ,,	6,34	5,00	2,97	1,37	1,54
Co ,, ,,	1,30	0,39	1,23	1,3	0,9
Cr ,, ,,	99	72	6	45	53
Cu ,, ,,	336	343	244	147	180
Fe ,, ,,	24729	28505	19938	29726	30951
Hg ,, ,,	2,01	2,1	2,72	0,97	0,72
Mn ,, ,,	1739	2008	921	632	706
Mo ,, ,,	7,43	5,3	7,45	2,5	3,9
Ni ,, ,,	36	22	17	17,7	16,8
Pb ,, ,,	276	272	200	100	112
Zn ,, ,,	1701	2190	872	461	520

Bijlage 3. Resultaten grondonderzoek AGM 316 en BEM 265 in 1976, 1982 en 1986.

		AGM 316, slib			BEM 265, slib		
		ot/ha	10 t/ha	20 t/ha	ot/ha	10 t/ha	20 t/ha
Afslibb. (< 16µm)	%						
1976		-	-	-	26,0	-	-
1982		-	-	-	-	-	-
1986		4,1	4,1	3,9	27,3	28,1	27,3
Organische stof	%						
1976		14,7	-	-	3,9	-	-
1982 (gloeiverl.)		12,7	16,4	14,9	3,9	4,1	4,3
1986 (oxyd.)		11,3	11,3	11,5	2,7	2,8	2,8
pH-KCl							
1976		5,0	-	-	7,2		
1982		4,9	4,8	4,9	7,6	7,7	7,6
1986		4,8	4,7	4,7	7,4	7,4	7,4
N (totaal)	%						
1976		0,24	-	-	0,11	-	-
1982		0,26	0,35	0,31	0,14	0,14	0,16
1986		0,25	0,27	0,26	0,13	0,13	0,14
P ₂ O ₅ (totaal)	%						
1976		0,08	-	-	0,14	-	-
1982		0,08	0,13	0,17	0,14	0,17	0,21
1986		0,08	0,13	0,16	0,16	0,19	0,22
P ₂ O ₅ (water)	mg/l						
1976		25	-	-	10	-	-
1982		45	98	118	13	18	27
1986		43	92	117	17	23	30
K ₂ O (totaal)	%						
1976		0,04	-	-	0,17	-	-
1982		0,05	0,05	0,05	0,20	0,21	0,22
1986		0,10	0,10	0,10	0,72	0,71	0,72
K ₂ O (0,1 N HCl)	mg/100g						
1976		11	-	-	16	-	-
1982		9	12	10	15	15	16
1986		6	10	7	17	17	18
CaO (totaal)	%						
1976		0,86	-	-	6,72	-	-
1982		0,52	0,61	0,61	7,10	6,91	6,94
1986		0,48	0,51	0,52	6,87	6,53	6,78

Vervolg Bijlage 3.

		AGM 316, slib			BEM 265, slib		
		ot/ha	10 t/ha	20 t/ha	ot/ha	10 t/ha	20 t/ha
MgO (totaal)	%						
1976		0,08	-	-	0,99	-	-
1982		0,06	0,06	0,07	0,88	0,89	0,89
1986		0,06	0,07	0,07	1,12	1,12	1,12
MgO (NaCl)	mg/kg						
1976		134	-	-	74	-	-
1982		149	199	210	68	76	80
1986		161	186	183	63	67	73
S (totaal)	%						
1976		0,01	-	-	0,23	-	-
1982		0,01	0,02	0,01	-	-	-
1986		0,07	0,08	0,06	0,17	0,17	0,20
Fe (totaal)	%						
1976		0,30	-	-	1,78	-	-
1982		0,29	0,41	0,37	1,99	2,10	2,12
1986		0,28	0,31	0,32	2,15	2,21	2,16
Cd (totaal)	mg/kg						
1976		0,28	-	-	0,25	-	-
1982		0,19	0,35	0,35	0,30	0,33	0,35
1986		0,22	0,29	0,33	0,30	0,38	0,35
Cr (totaal)	mg/kg						
1976		24,0	-	-	56,1	-	-
1982		16,4	18,0	16,4	55,2	56,6	58,1
1986		21,7	19,8	14,4	70,1	72,9	68,5
Cu (totaal)	mg/kg						
1976		15,0	-	-	22,6	-	-
1982		14,6	28,4	28,5	36,5	72,9	73,9
1986		9,8	23,8	27,9	24,9	27,9	34,0
Mn (totaal)	mg/kg						
1976		216	-	-	500	-	-
1982		175	207	177	550	539	537
1986		160	167	151	522	529	560
Ni (totaal)	mg/kg						
1976		0,8	-	-	15,0	-	-
1982		1,1	1,1	1,6	16,6	16,8	19,1
1986		3,6	4,7	3,9	20,3	20,7	19,7

Vervolg Bijlage 3.

		AGM 316, slib			BEM 265, slib		
		ot/ha	10 t/ha	20 t/ha	ot/ha	10 t/ha	20 t/ha
Pb (totaal)	mg/kg						
1976		36	-	-	20	-	-
1982		32	36	33	16	19	20
1986		31	37	33	18	19	23
Zn (totaal)	mg/kg						
1976		30,2	-	-	62,0	-	-
1982		23,4	40,1	50,9	73,6	102,2	115,6
1986		22,7	40,6	47,2	60,6	76,2	84,1
Mo (totaal)	mg/kg						
1976		0,36	-	-	0,36	-	-
1982		0,41	0,91	0,75	0,72	0,58	0,56
1986		0,48	0,41	0,34	0,81	0,88	0,66
As (totaal)	mg/kg						
1976		1,8	-	-	17,7	-	-
1982		1,1	1,9	1,5	19,8	21,2	20,6
1986		2,6	2,1	2,2	19,1	22,0	19,1
Hg (totaal)	mg/kg						
1976		0,10	-	-	0,16	-	-
1982		0,06	0,10	0,11	0,08	0,10	0,09
1986		0,05	0,07	0,10	0,05	0,07	0,09
B (water)	mg/kg						
1976		0,07	-	-	0,80	-	-
1982		0,37	0,54	0,64	0,80	0,92	0,99
1986		0,35	0,48	0,52	0,88	1,02	1,06
Co (azijnzuur)	mg/kg						
1976		0,13	-	-	0,79	-	-
1982		0,17	0,12	0,12	1,13	1,28	1,20
1986		0,14	0,11	0,14	1,17	0,89	0,95

- Niet bepaald

Bijlage 4. Verandering van de zware-metaalgehalten in de bouwvoor van AGM 316 (0-20 cm) en BEM 265 (0-25 cm) van de objecten met 10 en 20 ton slib ten opzichte van het object zonder slib als percentage van de berekende maximale verhoging van de zware-metaalgehalten in de bouwvoor als gevolg van toediening van zuiveringsslib.

metaal	AGM 316, slib		BEM 265, slib	
	10 ton/ha	20 ton/ha	10 ton/ha	20 ton/ha
Zn	51	35	94	71
Cu	68	44	83	126
Pb	59	9	40	91
Cr	-74	-142	354	-101
Ni	140	16	138	-92
Cd	47	37	160	50
Hg	26	34	90	82
As	-274	-105	1813	0

Bijlage 5. De Cd-, Cu-, Mn-, Ni- en Zn-gehalten in suikerbiet (mg/kg drogestof).

jaar	slib- gift	Cd		Cu		Mn		Ni		Zn	
		biet	loof	biet	loof	biet	loof	biet	loof	biet	loof
AGM 316											
1977	0	0,34	0,74	2,7	7,0	164	331	0,3	1,3	50	155
	10	0,21	1,06	2,4	11,8	168	425	0,3	1,4	63	189
	20	0,29	0,83	3,0	10,1	162	324	0,3	1,9	58	143
1981	0	0,17	0,66	2,3	6,1	91	332	0,1	0,3	40	158
	10	0,28	1,14	2,8	8,4	132	629	0,1	0,3	61	330
	20	0,22	0,80	2,6	7,3	63	367	0,1	0,2	57	243
1985	0	0,18	0,69	2,3	7,3	95	319	1,7	1,7	70	199
	10	0,18	0,76	2,7	9,6	116	349	1,8	1,6	113	282
	20	0,39	1,02	2,9	10,1	114	395	1,7	1,9	130	354
	gem.	0,25	0,86	2,6	8,6	123	386	0,7	1,2	71,3	228
BEM 265											
1977	0	0,02	0,48	4,0	11,1	9	20	0,3	1,9	12	32
	10	0,03	0,35	4,9	11,1	7	19	0,7	1,4	14	33
	20	0,00	0,52	3,5	11,9	9	21	0,0	1,4	17	38
1981	0	0,02	0,10	4,1	8,8	8	18	0,3	0,3	15	32
	10	0,03	0,12	3,8	10,6	7	21	0,0	0,2	18	44
	20	0,02	0,13	4,4	10,1	8	18	0,3	0,3	17	50
1985	0	0,23	0,16	4,1	12,2	17	34	1,6	2,6	15	33
	10	0,17	0,17	4,3	10,4	17	33	1,6	2,6	18	31
	20	0,13	0,26	4,1	11,3	14	28	1,4	2,4	19	37
	gem.	0,07	0,25	4,1	10,8	10,6	24	0,7	1,5	16	37

Bijlage 6. De Cd-, Cu-, Mn-, Ni- en Zn-gehalten in wintertarwe in proef BEM 265 (mg/kg drogestof).

jaar	slib- gift	Cd	Cu	Mn	Ni	Zn
1978	0	0,00	4,4	26	0,0	31
	10	0,00	4,3	27	0,0	30
	20	0,00	4,2	30	0,0	32
1980	0	0,21	3,7	22	0,3	29
	10	0,16	4,2	22	0,5	34
	20	0,19	4,0	22	0,4	35
1982	0	0,05	4,8	21	0,2	30
	10	0,02	4,5	20	0,2	31
	20	0,04	4,6	19	0,5	27
1984	0	0,08	4,4	22	0,1	32
	10	0,09	4,7	20	0,0	33
	20	0,08	4,8	20	0,2	33
1986	0	0,08	5,1	25	0,3	34
	10	0,12	4,9	23	0,1	33
	20	0,10	4,8	25	0,3	33
	gem.	0,08	4,5	23	0,2	32

Bijlage 7. De Cd-, Cu-, Mn-, Ni- en Zn-gehalten in aardappelknol van de proeven BEM 265 en AGM 316 (mg/kg drogestof).

jaar	slib- gift	Cd	Cu	Mn	Ni	Zn
BEM 265						
1979	0	0,00	4,6	4	0,4	13
	10	0,01	5,3	5	0,4	13
	20	0,00	4,9	5	0,4	15
1983	0	0,05	5,3	4	0,3	14
	10	0,05	5,6	4	0,2	15
	20	0,06	5,7	5	0,3	16
	gem.	0,03	5,2	4,5	0,3	14
AGM 316						
1978	0	0,13	2,9	7	0,0	15
	10	0,11	3,8	8	0,0	17
	20	0,08	4,1	8	0,0	17
1980	0	0,03	3,5	7	0,1	12
	10	0,05	3,5	7	0,1	15
	20	0,04	3,6	7	0,0	12
1982	0	0,07	5,0	4	0,5	12
	10	0,08	5,9	5	0,5	14
	20	0,08	7,5	6	0,7	17
1984	0	0,09	4,9	6	0,1	20
	10	0,03	3,7	5	0,1	20
	20	0,02	4,6	5	0,1	23
1986	0	0,11	5,1	9	0,3	21
	10	0,05	6,4	8	0,1	27
	20	0,08	7,2	10	0,2	28
	gem.	0,07	4,8	6,8	0,2	18

Bijlage 8. De Cd-, Cu-, Mn-, Ni- en Zn-gehalten in (zomer)tarwekorrels van AGM 316 (mg/kg drogestof).

jaar	slib- gift	Cd	Cu	Mn	Ni	Zn
1979	0	0,07	4,2	115	0,2	51
	10	0,09	4,3	115	0,1	49
	20	0,12	5,0	124	0,0	61
1983	0	0,12	3,5	67	0,2	58
	10	0,16	4,9	91	0,2	79
	20	0,17	5,4	91	0,2	79
	gem.	0,12	4,6	101	0,2	63

Bijlage 9. Theoretische maximale aanvoer van zware metalen (kg/ha) via zuiveringsslib volgens richtlijnen van de Unie van Waterschappen (2 ton drogestof/ha/jaar gedurende 100 jaar) (Unie) en de werkelijke aanvoer via 8 giften van 20 ton drogestof/ha op het proefveld AGM 316 (AGM) en 5 giften van 20 ton drogestof/ha op het proefveld BEM 265 (BEM).

	Unie	AGM	BEM
Zn	400	151 (38)	115 (29)
Cu	120	88 (73)	25 (21)
Pb	100	37 (37)	19 (19)
Cr	100	11 (11)	5,5 (6)
Ni	20	3,5 (18)	2,2 (11)
Cd	1	0,6 (60)	0,3 (30)
Hg	1	0,3 (30)	0,2 (20)
As	2	0,8 (40)	1,1 (55)

() In % van gift volgens Unie

Nog leverbare PAGV-uitgaven¹⁾

Verslagen

5. De invloed van het rootijdstip op de stikstofbehoefte van drie suikerbieten-rassen; ing. Th. Huiskamp, september 1982	f 10,—
6. De betekenis van vrijlevende wortelaaltjes bij mais; ir. C. A. A. Maenhout et al, januari 1983	f 10,—
7. Eipré-evaluatieverslag 1982; ing. H. Drenth en ir. K. Reinink, december 1982	f 10,—
8. Onderzoek naar verschillen in opbrengst en kwaliteit van consumptie-aardappelen in het zuidwesten van Nederland; ir. C. B. Bus, ing. K. W. Bosma (CA-Barendrecht) en ir. D. W. de Hoop (LEI), februari 1983	f 10,—
10. Eipré-instructieboekje 1983; ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, april 1983	f 10,—
13. Het effect van de intensiteit van de zaaibedbereiding op het kiembed en de opkomst, opbrengst en kwaliteit van suikerbieten; ing. Th. Huiskamp, september 1983	f 10,—
14. Verslag van een driejarig onderzoek naar de optimale stikstofgift voor bruine bonen; G. J. Bom, september 1983	f 10,—
15. Eipré-evaluatieverslag 1983; ing. H. Drenth en ir. K. Reinink, januari 1984	f 10,—
16. Factoranalyse-onderzoek in snijmaïs in Oost-Overijssel in 1981 en 1982. Ing. J. Boer, januari 1984	f 10,—
18. Rendabiliteit van continueelt en nauwe rotaties van aardappelen en suikerbieten op het proefveld PAGV1 (1978 t/m 1982) Ing. H. Preuter, maart 1984	f 10,—
19. Biologie en ecologie van kleefkruid (Galium aparine). Ir. W. G. M. van den Brand, april 1984	f 10,—
20. Pootafstanden en gebruik van Alar en Rovral bij de teelt van Alpha-pootgoed. Ing. J. Alblas en B. v.d. Spek, januari 1984	f 10,—
21. Eipré 1984 - instructieboekje. Ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, maart 1984	f 10,—
22. Resultaten van diep losmaken van zavelgronden in zuidwest-Nederland; 1978-1982. Ing. J. Alblas, april 1984	f 10,—
23. Resultaten kalibouwplanproeven op zeelei. Ir. J. Prummel (IB) en dr. ir. J. Temme (Nederlands Kali Instituut), mei 1984	f 10,—
24. Oogstplanning van bloemkool in "de Streek". Ir. R. Booij, oktober 1984	f 10,—
25. Beregeningsonderzoek bij asperges op de proeftuin "Noord-Limburg". Ing. D. van der Schans en ir. A. J. Hellings, oktober 1984	f 10,—
26. Kalibemesting voor aardappelen in de Brabantse Biesbosch en het Land van Altena. Ing. J. Alblas, november 1984	f 10,—
27. Spruitkool bewaren aan de stam. Ing. J. A. Schoneveld, november 1984	f 10,—
28. Verslag Inventarisatie Graanziekten 1984. Ing. W. Stol, januari 1985	f 10,—
30. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Heino (zandgrond) 1972 - 1982. Ir. J. J. Schröder, maart 1985	f 10,—
31. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid en waterverontreiniging; Maarheeze 1974 - 1984. Ir. J. J. Schröder, maart 1985	f 10,—
32. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Lelystad 1976 - 1980. Ir. J. J. Schröder, maart 1985	f 10,—
33. Intensieve teeltsystemen bij wintertarwe. Dr. ir. A. Darwinkel, maart 1985	f 10,—
35. Biologie en ecologie van zwarte nachtschade (Solanum nigrum). Ir. W. G. M. van den Brand, maart 1985	f 10,—
36. Eipré 1985 instructieboekje. Ir. K. Reinink, april 1985	f 10,—

¹⁾ Een volledig overzicht van de PAGV-uitgaven wordt u op aanvraag graag toegezonden.

37. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van snijmaïs. Ir. C. L. M. de Visser, ir. H. F. M. Aarts, april 1985	f 10,—
38. Zuiveringsslib in de akkerbouw; Ir. S. de Haan en ing. J. Lubbers (IB), Ing. A. de Jong (PAGV), maart 1985	f 10,—
39. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van Engels en Italiaans raaigras, veldbeemdgras en roodzwenkgras. Ir. C. L. M. de Visser, juni 1985	f 20,—
40. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van uien en sjalotten. Ir. C. L. M. de Visser, juni 1985	f 10,—
42. Themadag effecten van diepe grondbewerking in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt, juli 1985	f 10,—
43. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van aardappelen, Ir. C. L. M. de Visser, augustus 1985	f 10,—
44. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van erwten, stambonen en veldbonen. Ir. C. L. M. de Visser, augustus 1985	f 20,—
45. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van wortelen. Ir. C. L. M. de Visser, september 1985	f 10,—
46. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van winterkoolzaad. Ir. C. L. M. de Visser, september 1985	f 10,—
47. Biologie en ecologie van melganzevoet (<i>Chenopodium album</i>). Ir. W. G. M. van den Brand, december 1985	f 10,—
48. Verslag inventarisatie graanziekten 1985. Ing. H. P. Versluis, december 1985	f 10,—
49. Natriumbemesting en natriumbehoeft van suikerbieten. Dr. ir. J. Temme en dr. J. G. H. Stassen, december 1985	f 10,—
50. Epipré instructieboekje 1986. Ing. W. Stol, april 1986	f 10,—
51. Studiedag kluitplanten. Ir. R. Booij en N. J. Snoek, juli 1986	f 10,—
52. Biologie en ecologie van hanepoot (<i>Echinochloa crus-galli</i>). Ir. W. G. M. van den Brand, juli 1986	f 10,—
53. Opkomstperiodiciteit bij 40 eenjarige akkeronkruidsoorten en enkele hiermee samenhangende onkruidbestrijdingsmaatregelen. Ir. W. G. M. van den Brand, oktober 1986	f 10,—
54. De teelt van wintertarwe als dekvrucht voor veldbeemd- en roodzwenkzaadgewassen. Ir. W. J. M. Meijer, oktober 1986	f 10,—
56. De invloed van het maaien van de tarwestoppel op ondergezaaide veldbeemd- en roodzwenkzaadgewassen. Ir. W. J. M. Meijer, oktober 1986	f 10,—
57. Benutting afvalwarmte bij vollegrondsteelten. Ing. J. A. Schoneveld, november 1986	f 10,—
59. Het bestrijden van verstuiven op landbouwgronden. Dr. ir. A. Darwinkel, november 1986	f 10,—
60. Stikstofbemesting van wintertarwe. Ir. K. Reinink, december 1986	f 10,—
63. De invloed van teeltmaatregelen bij winterkoolzaad op de zaadproductie in Noord-Nederland. S. Vreeke, maart 1987	f 10,—
64. Themadag "Werkbaarheid en tijdigheid", 13 mei 1987	f 10,—
65. Invloed van plantaantal en potermaat op de opbrengst en de sortering van pootaardappelen. Ing. J. K. Ridder, mei 1987	f 10,—
66. Bewaren en voorkiemen bij pootaardappelen. Ing. J. K. Ridder, mei 1987	f 10,—
68. Vervroeging van vollegrondsgroenten met afdekmaterialen. Ir. C. F. G. Kramer en J. T. K. Poll, september 1987	f 10,—
69. Biologie en ecologie van vogelmuur (<i>Stellaria media</i>). Ir. W. G. M. van den Brand, september 1987	f 10,—
70. Ontwikkeling van een biotoets voor het Noordelijk wortelknobbelaaltje (<i>Meloidogyne hapla</i>). Ing. A. A. W. Zondervan, november 1987	f 10,—

71. Het EIPRE-adviesmodel, een kritische analyse. Werkgroep EIPRE, december 1987	f 10,—
72. Teelttechnische en economische aspecten bij de teelt van kleine witte kool. Ing. C. van Wijk, ir. C. Kramer, ing. G. Schroën en ir. R. Booij, januari 1988	f 10,—
73. Het optimale oogsttijdstip van snijmaïs. Ing. H. M. G. van der Werf, april 1988	f 10,—
74. Ontwikkeling van teeltbegeleidingssystemen voor aardappelen en suikerbieten. Ir. C. L. M. de Visser, ir. H. F. M. Aarts en ing. K. Hindriks, mei 1988	f 10,—
75. Bedrijfseconomische aspecten van de grondontsmetting in rotaties met consumptieaardappelen, suikerbieten en wintertarwe op het proefveld te Westmaas (1981 t/m 1986). Ing. H. Preuter, mei 1988	f 10,—
76. Invloed van de verkrumming van de grond op verslemping en zuurstofgehalte in relatie tot de groei van aardappelen. Ing. J. K. Ridder, ir. C. B. Bus en J. F. Houwing, mei 1988	f 10,—
77. Jaarverslag 1986 proefproject Borgerswold. Ing. J. Boerma, december 1988	f 10,—
78. Bijzaaien en overzaaien van snijmaïs. H. M. G. van der Werf en H. Hoek, december 1988	f 10,—
79. Teeltvervroeging bij maïs. H. M. G. van der Werf en H. Hoek, maart 1989	f 10,—
80. Economische aspecten van de plantdichtheid bij witlof. Ir. C. F. G. Kramer, februari 1989	f 10,—
81. Stikstofbemesting van ijssla. Dr. ir. J. H. G. Slangen (LU), ir. H. H. H. Titulaer (PAGV), ir. H. Niers (IB) en dr. ir. J. van der Boon (IB), februari 1989	f 10,—
82. Classificatievoorstel plantesoorten, cultuurgewassen, rasgroepen en teeltvormen in de akkerbouw, vollegrondsgroente- en bloembollenteelt. Ir. P. W. J. Raven (PAGV) en ir. J. W. Stoop (LBO), april 1989	f 10,—
83. De invloed van hoge teeltfrequentie op opbrengst en kwaliteit van (fijne) peen. Ing. Th. Huiskamp, april 1989	f 10,—
84. Oppervlakkige grondbewerking in het gewas maïs. H. M. G. van der Werf (PAGV), J. J. Klooster (IMAG) en D. A. van der Schans (PAGV), mei 1989	f 10,—
85. Toedienen van drijfmest in maïs (vervolgonderzoek 1985-1987). Ir. J. Schröder (PAGV) en ir. L. C. N. de la Lande Cremer (IB), mei 1989	f 10,—
86. Teelt van fabrieksaardappelen op bedden ten opzichte van op ruggen. Ing. J. K. Ridder, juli 1989	f 10,—
87. Detaillering van het onderdeel Bemesting van het Informatiemodel "Open Teelten"-bedrijf. Ir. A. Landman en ir. A. E. Brands, juli 1989	f 10,—
88. Bestrijding van moederkoren in graszaadgewassen. Ir. G. H. Horemán en G. Olthof, juli 1989	f 10,—
89. Diep losmaken van zavelgronden in Zuidwest-Nederland. J. Alblas, E. C. Vos en J. G. N. Wander, juli 1989	f 10,—
90. Jaarverslag 1987 proefproject Borgerswold. Ing. J. Boerma, augustus 1989	f 10,—
91. Overzaaien van suikerbieten. Dr. ir. A. L. Smit, oktober 1989	f 10,—
92. Bedrijfseconomische perspectieven van akkerbouwbedrijven in de Veenkoloniën. Drs. S. Cuperus, oktober 1989	f 10,—
93. Wortelverbruining bij snijmaïs. J. Schröder, A. G. M. Ebskamp en K. Scholte, oktober 1989	f 10,—
94. Noodzaak van roestbestrijding in Engels raai- en veldbeemdgras. Ir. G. H. Horemán, november 1989	f 10,—
95. Stikstofbemesting van peen. J.H.G. Slangen, H.H.H. Titulaer, H. Niers en J. van der Boon, januari 1990	f 10,—
96. De teelt van Bintje fritesaardappelen op lössgrond. Ing. P.M.T.M. Geelen, januari 1990	f 10,—
97. Het Eipre-adviesmodel. H. Drenth en W. Stol, maart 1990	f 10,—
98. Zuiveringsslib in de akkerbouw. Ing. A. de Jong (PAGV), P.J. van Erp en P. van Lune (IB), april 1990	f 10,—