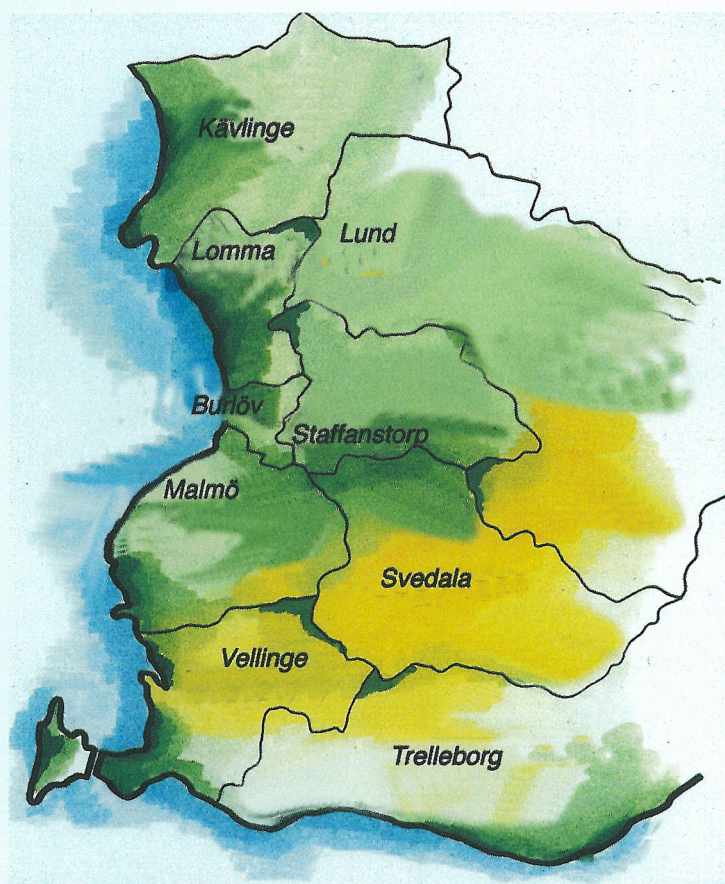


Slamspridning på åkermark

***Fältförsök med kommunalt
avloppsslam från Malmö och
Lund under åren 1981–1997***

***Per-Göran Andersson
Peter Nilsson***



22

VA-FORSK

VA-FORSK är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet. FoU-avgiften är för närvarande 1,05 kronor per kommuninnevånare och år. Avgiften är frivillig och intresset från kommunernas sida har varit mycket stort. Nästan alla kommuner är med i programmet, vilket innebär att budgeten årligen omfattar drygt åtta miljoner kronor.

VA-FORSK initierades gemensamt av Kommunförbundet och VAV. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvattenrening
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

VA-FORSK styrs av en kommitté, som utsetts gemensamt av VAV och Kommunförbundet. Kommittén är underställd VAVs styrelse. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Ola Burström, ordförande	Skellefteå
Professor Peter Balmér	GRYAAB, Göteborg
VD Roger Bergström	VAV
Enhetschef Bengt Göran Hellström	Stockholm Vatten AB
Gruppledare Pär Jönsson	Östersund
Kommunalråd Sören Larsson	Hallsberg
Tekn chef Peeter Maripuu	Lysekil
VA-chef Stefan Marklund	Luleå kommun
Ledamot i KS Åsa Möller	Sundsvall
Avd chef Peter Stahre	VA-verket Malmö
Sektionschef Jan Söderström	Sv kommunförbundet
Asle Aasen, adj	NORVAR, Norge
Forskningschef Jan Falk, sekreterare	VAV

Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande VAVs ståndpunkt.

VA-FORSK
VAV AB
101 53 STOCKHOLM
Tel: 08-677 25 70
Fax: 08-677 25 75

VAV AB är servicebolag till Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen

Slamspridning på åkermark

***Fältförsök med kommunalt
avloppsslam från Malmö och
Lund under åren 1981–1997***

***Per-Göran Andersson
Peter Nilsson***

Utgiven av VAV AB

**VA-FORSK
RAPPORT**

1999 • 22

 **VA-FORSK**

VAV

Rapportens titel:	Slamspridning på åkermark Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1981-1997
Title of the report:	Sludge application on agricultural land
Rapportens beteckning Nr i VA-FORSK-serien:	1999-22
ISSN-nummer:	1102-5638
ISBN-nummer:	91-89182-36-7
Författare:	Per-Göran Andersson, Hushållningssällskapet Malmöhus, Peter Nilsson, VA-teknik och Vattenvård AB
Utgivare:	VAV AB
VA-FORSK projekt nr:	95-119
Projektets namn:	Slamspridning på åkermark
Projektets finansiering:	VA-FORSK, SYSAV, medverkande kommuner
Rapporten beställs från:	AB Svensk Byggtjänst, Litteraturtjänst, 113 87, Stockholm, tfn 08-457 11 00
Rapportens omfattning Sidantal:	124
Format:	A4
Upplaga:	1600
Sökord:	Rötslam, slamspridning, åkermark, långtidseffekter, närsalter, tungmetaller, organiska miljöstörande ämnen, marklevande organismer, maskar, nedbryt- ning.
Keywords:	Municipal sludge, land application, agricultural land, long term effects, nutrients, heavy metals, organic micro pollutants, soil organisms, worms, organic degradation.
Sammandrag:	Rapporten beskriver sexton års fältförsök med slamspridning på åkermark i sydvästra Skåne (1981-1997). Studien redovisar effekter på mark och gröda avseende näringsämnen, tungmetaller, organiska miljöstörande ämnen och dess nedbrytning, marklevande organismer (maskar och mikrobiologi) samt grödans utveckling.
Abstract:	The report describes the results from a sixteen years study on application of municipal sludge on agricultural land. The effects on land and crop are studied concerning nutrients, heavy metals, organic micro pollutants and their degra- dation, soil organisms (worms and microbiology) and the development of the crop.
Målgrupper:	Konsulter Lantbruket och dess organisationer Myndigheter VA-verk
Utgivningsår:	1999
Pris 1999:	275 kr, exkl moms

SAMMANFATTNING

Projektet *Slamspridning på åkermark* startade 1981 på initiativ av LRF, Hushållnings-sällskapet Malmöhus, Sydvästra Skånes kommunförbund (SSK) och Sydvästra Skånes avfallsbolag (SYSAV). Finansiärer är de kommuner som ingår i SSK och SYSAV samt på senare år även VA-FORSK.

PROJEKTETS MÅLSÄTTNING är att undersöka slammets växtnäringsvärde och långsiktiga effekter på mark och gröda. Det sker bl.a. genom ett omfattande provtagnings- och analysprogram för att kartlägga slammets, markens och grödornas innehåll av tungmetaller, närsalter och organiska miljöstörande ämnen. Dessutom har man utfört delstudier avseende jordens mikrobiologi, förekomst av olika maskar och nedbrytning av organiska ämnen i mark.

Huvudförsöket omfattar två representativa Skånegårdar, en utanför Lund som tillförts rötslam från Källbyverket i Lund och en utanför Malmö som fått rötslam från Sjölundaverket i Malmö. Försöksplanen innebär en slamgiva av 0,1 och 3 ton TS per ha och år i kombination med 0, 1/2 och 1/1 giva handelsgödsel. Slamspridningen sker vart fjärde år. Delstudierna av effekterna vid extremt höga slamgivor (totalt 670 resp. 1 330 ton TS/ha) är utförda på försöksytor i Oxie som ingått i ett avslutat projekt om inarbetning av slam.

RAPPORTEN REDOVISAR resultaten från 16 års forskning. Den generella slutsatsen är att slammet är en positiv resurs i kretsloppet. Slammets närsaltinnehåll har varierat något med en ammoniumhalt mellan 0,5 och 1,1 procent. Fosforvärdena var 4,2 procent för Källby och 3,2 procent för Sjölanda. Metallhalterna i slammet har minskat rejält under försöksperioden. Ett undantag är koppar som har ökat. Källan är korroderande vattenledningsrör och problemet håller f.n. på att åtgärdas. När det gäller 70 organiska miljöstörande ämnen visar resultaten på förekomst av några få ämnen med små halter men stora variationer. Nonylfenol minskar tydligt. Analys av PCB och dioxin visar på små och delvis minskande halter i slammet. Inga rester av bekämpningsmedel har kunnat påvisas 1989 och 1993 medan man 1997 påvisade spår av två insekticider.

Slamtillförseln påverkar markens växtnäringsinnehåll positivt. Det finns ingen statistiskt påvisbar ökning av kadmium i slamgödslad mark. De flesta övriga metaller påverkas inte heller av slamtillförseln, undantaget koppar som ökat tydligt och kvicksilver som ökat marginellt. Av de 70 organiska ämnena kunde endast några få kvantifieras. Analyserna visade på spår av PAH och DEHP medan PCB endast påvisats 1994. Dioxin i marken har inte kunnat hänföras till slamspridningen.

SLAMMETS EFFEKT PÅ GRÖDAN är klart positiv då alla förekommande grödor svarat positivt på slamtillförseln. Mervärdet av slamtillförseln (1 ton TS/ha) är en skördeökning motsvarande 400–850 kr/ha och år. Av de 70 organiska ämnena är DEHP den som påträffats och som tycks relaterad till slamtillförseln. PAH, nonylfenol och PCB har inte kunnat spåras i grödan. Dioxinhalterna i grödan är mycket låga och har inte kunnat hänföras till slamspridningen.

Slammet hade klart positiva effekter på daggmaskarnas reproduktion och tillväxt. Mycket stora givor gynnade småringmaskar. De biologiska markbördighetsfaktorerna har påverkats positivt av slammet. Vid extrema givor påvisades hög mikrobiell aktivitet och hög denitrifikationspotential i jorden. Halterna av PAH och PCB i jorden var mycket låga trots de höga givorna.

SUMMARY

The study "*Sludge Application on Agricultural Land*" was started in 1981, by the initiative of the LRF (The Swedish Farmers Association), The Rural Economy and Agricultural Society of Malmöhus, Southwest Scania Communities Association (SSK) and Southwest Scania Solid Waste Company (SYSAV). These bodies have financed the study. During the last years also the research dept. of the Swedish Water & Wastewater Association have financed the study.

The overall goal is to investigate the fertilizing value of the sludge and the long-term effects on crop and soil. The main study is conducted on two farms in Southern Sweden that have received municipal digested sludge from the city of Lund and Malmö respectively. The application rate is 0, 1 and 3 tons of DM per hectare and year combined with different amount of commercial soil fertilizers. The application is made every four years. The study on high application rates (totally 670 and 1.330 tons DM/ha) is conducted on separate test-sites in Oxie.

This report presents the result of 16 years of research and the overall conclusion is that sludge is positive to the ecosystem. The content of nutrients in the sludge is normal with N-values ranging 0,5-1,0 % as ammonia and P-values around 3-4 % of DM. The concentration of heavy metals in the sludge is clearly decreasing over time for most of the studied metals. An exception is copper that is increasing, due to corrosion of water-pipes. According to list of the 70 organic micro-pollutants (the PP-list of SI-Center in Norway) only a few substances were detected and the content was low. The content of Nonyl Phenol is decreasing over time. Also PCB and dioxin are low and decreasing in the sludge. No residues of pesticides were found 89 and 93 while trace from two were found 97.

The nutrient status of the soil is improving when sludge is applied. There is no increase of cadmium in the soil due to the sludge application, like most other heavy metals. But copper is increasing clearly and mercury shows a marginal increase. Only a few PP-constituents were found in the soil. PCB was only detected in 94, and dioxin was explained not to be related to the sludge application.

The impact on the crop is clearly positive, while all crops have responded positively to the sludge application. The farmers value of the sludge application (1 ton DM/ha) was found to range 400-850 SEK/hectare annually. DEHP is the only organic constituent that seems to be found related to the sludge application.

The special studies on worms have been conducted 90-91 and 96-97 by a research group at the department of Ecology, University of Lund. They found that the sludge applied was very positive to the species of worms studied. The worms were stimulated in growth and fertility. The second study confirmed the results and also showed that high rates favored certain species. The rate of degradation increased and the physical environment were improved, which also favors the microbes.

The special studies on soil microbiology have been conducted 90, 94 and 98 by a research group at the department of Microbiology, the Swedish University of Agricultural Sciences. The results clearly show that the applied sludge has influenced the biological fertility factors of the soil positively. The degradation study showed very low amount of PCB and PAH in the soil though the application rate were very high. The main part of PAH were degraded, but PCB did not show any degradation. The fundamental words of the study are long term, reality and multidisciplinary research. The intention is to continue the main study and to develop the project by conducting new special-studies.

FÖRORD

Kommunalt avloppsslam uppkommer vid rening av avloppsvatten. I avloppsvattnet finns en del av den växtnäring som förs bort från jordbruket med olika skördeprodukter. Sett ur samhällets och jordbrukets synpunkt är det angeläget att återföra detta växtnäringskapital till jordbruket. Från det moderna samhället sprids metallföreningar och andra ämnen som kan uppträda som föroreningar i slammet. Slammets innehåll av tungmetaller och dess effekter i jordbruket ansågs väsentligt att undersöka när detta projekt startade 1981. Dessa frågeställningar är i högsta grad fortfarande högaktuella. Efterhand har dessutom andra frågeställningar dykt upp. Främst är det slammets innehåll av s.k. organiska miljöstörande ämnen och deras uppträdande i mark och växter som har diskuterats under senare år. Därför har projektet utvidgats och inbegriper även omfattande undersökningar av de organiska föreningarna.

Rapporten bygger på fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund och startade 1981. Projektet finansieras av de nio kommunerna i sydvästra Skånes kommunförbund (SSK-regionen) i samverkan med SYSAV-Utveckling AB. Den finansiella basen har efter hand stärkts genom anslag från VA-forsk.

Arbetet har givit värdefull kunskap om hur möjligheten är att utnyttja avloppsslam på åkermark. Fältförsöken, som är grunden i projektet, är idag unika i Sverige. Dessa är de enda försök av detta slag som legat under så många år och man kan nu börja skönja långtidseffekter i försöken.

Projektet har efter hand utvidgats och omfattande kompletterande undersökningar har skett. Ett betydande arbete har lagts ner på maskstudier. Fil.dr. Torsten Gunnarsson, Ekologiska Institutionen vid Lunds Universitet har utfört dessa undersökningar, vilka har redovisats i tidigare rapport. Förnyade undersökningar har startats under 1996, varvid forskargruppen utökats med fil.dr Maria Sjögren Öhrn och fil. kand Maria Hall från samma institution. Resultaten av dessa undersökningar redovisas i denna rapport.

Omfattande mikrobiologiska tester har utförts. Detta arbete har letts av docent Lennart Torstensson vid Institutionen för mikrobiologi vid Sveriges Lantbruksuniversitet, Ultuna. Resultaten från detta arbete har redovisats i tidigare rapport. Detta arbete fortsatte dock under 1994-1996, då även agronom Mats Johansson medverkade. Resultaten redovisas i denna rapport.

Försöksresultat är tidigare publicerade för perioden 1981-1995. Denna rapport avser tiden 1981-1997. Allt tidigare publicerat material redovisas ej här utan vi hänvisar till tidigare rapport, som går att beställa från Hushållningssällskapet Malmöhus.

Föreliggande rapport är utarbetad och sammanställd av:

Per-Göran Andersson

Peter Nilsson

för

Hushållningssällskapet Malmöhus

VA-teknik & Vattenvård AB

Borgeby

Box 8

237 91 Bjärred

277 03 Brösarp

Tel: 046-71 36 00

Tel: 0414-736 40

Fax: 046-70 61 35

Fax: 0414-737 84

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
1. Inledning	1
1.1. Försöksuppläggning och design	1
1.2. Försöksplatserna	3
1.3. Provtagning, provhantering och analyser	4
2. Egenskaper hos tillfört slam	7
2.1. Växtnäringsinnehåll	7
2.2. Metallinnehåll	8
2.3. Innehåll av organiska föreningar	12
<u>Försöksresultat 1996-1997</u>	18
3. Försöksresultat 1996	18
3.1. Effekt på skörden	18
3.2. Skördeprodukternas innehåll av tungmetaller	19
4. Försöksresultat 1997	21
4.1. Effekt på skörden	21
4.2. Skördeprodukternas innehåll av tungmetaller	22
4.3. Slammets effekt på markens växtnäringsinnehåll och statistisk bearbetning	22
4.4. Slammets effekt på markens metallinnehåll	26
<u>Försöksresultat 1981-1997</u>	28
5. Slammets effekt på skörden	28
5.1. Första året efter tillförsel av slam	28
5.2. Andra året efter tillförsel av slam	28
5.3. Tredje året efter tillförsel av slam	29
5.4. Fjärde året efter tillförsel av slam	29
5.5. Slammets effekt på olika grödor	30
5.6. Sammanfattning år/gröda. Ekonomiskt utfall	31
6. Skördeprodukternas innehåll av metaller	34
6.1. Innehåll av metaller i grödorna 1997 på Igelösa och Petersborg	34
6.2. Budgetberäkningar av kadmium	35
7. Skördeprodukternas innehåll av organiska föreningar	37
7.1. Allmänt	37
7.2. Priority Pollutants (PP) enligt SI-Senter	37
7.3. Dioxin	38
7.4. Övriga ämnen	40
8. Slammets effekt på markens växtnäringsinnehåll	41
9. Slammets effekt på markens metallinnehåll	43

10. Slammets effekt på markens innehåll av organiska föreningar	45
10.1. Allmänt	45
10.2. Priority Pollutants enligt SI-Senter	45
10.3. Dioxin	47
10.4. Övriga ämnen	47
11. Slamspridningens effekt på markmikrobiologin	48
11.1. Inledning	48
11.2. Material och metoder	48
11.3. Resultat	49
11.4. Slutsatser	50
12. Slamspridningens effekt på maskar	51
12.1. Utförande och resultat	51
12.2. Slutsatser	51
13. Resultatsammanfattning	52
13.1. Slammets effekt på skörden	52
13.2. Metaller i skördeprodukterna	52
13.3. Organiska föreningar i skördeprodukterna	52
13.4. Påverkan på markens växtnäringsinnehåll	53
13.5. Metaller i marken	53
13.6. Organiska föreningar i marken	53
13.7. Närsalter och metaller i slam	54
13.8. Organiska föreningar i slam	54
13.9. Slammets effekt på daggmaskar	55
13.10. Mikrobiologiska tester	55
Litteraturförteckning	56
Bilagor	
Analysresultat bekämpningsmedel	
Effekter av normala och stora givor rötslam på småringmaskar och daggmaskar	
Markbiologiska effekter vid slamspridning på åkermark	

1. Inledning

Projektet startade 1981. Initiativtagare var LRF, Hushållningssällskapet Malmöhus, SSK och SYSAV. Uppdragsgivare och finansiärer har sedan starten varit de nio kommunerna i sydvästra Skånes kommunförbund (SSK-regionen) i samverkan med SYSAV, Sydvästra Skånes Avfalls AB (senare SYSAV-Utveckling AB). Under senare år har även VA-Forsk finansiellt stött projektet. Målsättningen från början var att undersöka slammets växtnäringssvärde och hur slammets innehåll av tungmetaller påverkar markens, och olika grödors metallinnehåll. Fältförsök startade på fem platser i sydvästra Skåne. Tre av försöken har avslutats och är tidigare redovisade. Projektet har arbetat vidare med de två övriga försöksplatserna. Dessa är Igelösa gård, strax nordost om Lund och Petersborgs gård strax söder om Malmö. Slam har levererats från Källbyverket i Lund respektive Sjölundaverket i Malmö. Hushållningssällskapet Malmöhus var från starten ensam utförare av försöken och stod också för projektledning. Första gången slam spreds på försöksytorna var hösten 1981. Därefter har slam tillförts hösten 1985, hösten 1989, hösten 1993 och hösten 1997.

Efter hand har projektet utvidgats och omfattar numera ett stort antal studier utöver vad som skedde från början. Lunds Tekniska Högskola engagerades i projektet och Peter Nilsson, avdelningen för VA-teknik, blev sedermera projektledare. Numera sker detta genom det egna företaget VA-teknik & Vattenvård AB.

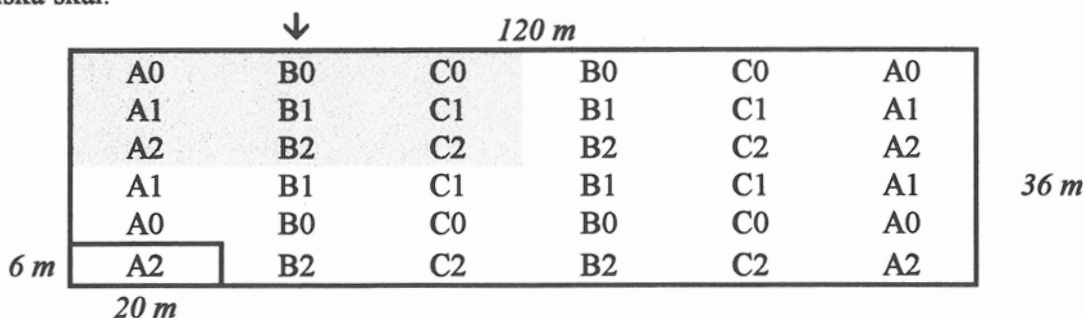
För projektledning av fältförsöken ansvarar Hushållningssällskapet Malmöhus. Projektledare för denna del är sedan 1988, Per-Göran Andersson, numera på uppdrag av Hushållningssällskapet genom det egna företaget AREAL.

Från och med 1989 års slamspridning ingår s k organiska miljöstörande ämnen som en viktig del i undersökningarna. Angreppssättet har varit att analysera ett mycket stort antal organiska ämnen i slammet och med utgångspunkt från dessa resultat, dvs. de ämnen som identifierats, fortsätta att undersöka dessa i jord och gröda.

1.1. Försöksuppläggning och design

För att få större säkerhet, och minska effekterna av försöksfel, utförs fältförsök nästan utan undantag med ett antal upprepningar, dvs. varje försöksled upprepas ett antal gånger. Det vanligaste är fyra upprepningar. Så är också fallet med dessa slamförsök. Av praktiska och statistiska skäl ordnas försöksleden i olika block

Försöket är alltså utfört som ett blockförsök. I varje block skall ingå alla försöksleden och blocken kommer därför att utgöra en komplett upprepning. Inom varje block skall, om möjligt, försöksrutorna placeras slumpmässigt. Denna princip måste man dock i många fall frångå, av praktiska skäl.



Det gråmarkerade området är i detta fallet ett block. Som synes är inte rutorna fritt slumpade inom blocket, utan ett visst systematiskt mönster kan urskiljas. Orsaken till detta är att det går inte att med en slamspridare köra in i ett rutförsök och sprida varje ruta för sig. Det fungerar så att spridaren måste vara i gång när man med jämn hastighet kör in i försöket och sprider ett antal rutor på en gång. Man kör alltså in vid pilen och lägger givan 4 ton TS/ha varefter man tar nästa rad med B-led. På samma sätt gör man med handelsgödselgivorna vågrätt.

Om man inte hade gjort på detta sätt hade man varit tvungen att göra ett mycket större försök för att möjliggöra att man behandlar varje enskild ruta för sig själv. Konsekvensen av detta hade varit att vi hade fått mycket större variation i jordart och därmed ett större försöksfel. En annan konsekvens hade blivit att risken för felbehandlingar hade blivit oändligt mycket större i ett långt perspektiv.

I fältförsöken finns ett helt obehandlat led (A0). Här har varken avloppsslam eller mineralgödsel tillförts.

Tillförsel i de slambehandlade leden är motsvarande 1 ton och 3 ton torrsubstans per år. Tillförsel har skett vart fjärde år med 4 respektive 12 ton torrsubstans per tillfälle. B-ledet, 4 ton TS per tillfälle, motsvarar den, vid försökens starttidpunkt, av Naturvårdsverket maximalt rekommenderade givan. C-ledet är tänkt att simulera långtidseffekterna, men också att studera vad som händer när vi provocerar det ekologiska systemet.

Både led med och utan slam har kombinerats med olika mängder mineralgödsel. Tillförseln har varit 0, halv (1/2) respektive hel (1/1) giva av kväve i förhållande till vad som betraktas som normal gödsling för respektive gröda. Vid halv och hel kvävegiva har rekommenderad giva av fosfor och kalium tillförts. Alla kombinationer mellan de olika givorna av mineralgödsel och slam har förekommit.

1.1.1. Försöksplan

Se även principskissen under föregående avsnitt.

A Utan slam

B Slam. 4 ton TS (torrsubstans) per hektar vart 4:e år (1981,1985,1989,1993,1997)

C Slam. 12 ton TS (torrsubstans) per hektar vart 4:e år (1981,1985,1989,1993,1997)

0 Utan mineralgödsel

1 NPK i förhållande till gröda. 1/2 N-giva, 1/1 PK-giva

2 NPK i förhållande till gröda. 1/1 N-giva, 1/1 PK-giva

Fältförsöksarbetet utförs av den försökspatrull vid Hushållningssällskapet som är lokaliserad vid Borgeby gård. Ansvarig för detta utförande är lantmästare Jörgen Mårtensson.

1.1.2. Grödor och tidpunkt för slamspridning

<u>År</u>	<u>Igelösa</u>	<u>Petersborg</u>	<u>År/cykel</u>
1981	Slamspridning	Slamspridning	0/1
1982	Odling av höstvete	Odling av höstvete	1/1
1983	Odling av sockerbetor	Odling av sockerbetor	2/1
1984	Odling av vårvete	Odling av vårkorn	3/1
1985	Odling av havre	Odling av höstraps	4/1
1985	Slamspridning	Slamspridning	0/2
1986	Odling av höstvete	Odling av höstvete	1/2
1987	Odling av sockerbetor	Odling av sockerbetor	2/2
1988	Odling av vårvete	Odling av vårkorn	3/2
1989	Odling av vårkorn	Odling av höstraps	4/2
1989	Slamspridning	Slamspridning	0/3
1990	Odling av höstraps	Odling av höstvete	1/3
1991	Odling av höstvete	Odling av sockerbetor	2/3
1992	Odling av sockerbetor	Odling av vårkorn	3/3
1993	Odling av vårvete	Odling av höstraps	4/3
1993	Slamspridning	Slamspridning	0/4
1994	Odling av konservärt	Odling av höstvete	1/4
1995	Odling av höstraps	Odling av sockerbetor	2/4
1996	Odling av höstvete	Odling av vårkorn	3/4
1997	Odling av sockerbetor	Odling av höstvete	4/4
1997	Slamspridning	Slamspridning	0/5

1.2. Försöksplatserna

1.2.1. Igelösa

Försöksfältet är beläget på Igelösa gård en knapp mil nordost om Lund. Gården ägs och brukas av Svenstorps gods, vars ägare är Nils Gyllenkrok. Gården representerar en större kreaturslös gård, med för trakten normal jordart.

1.2.2. Petersborg

Försöksfältet är beläget på Petersborgs gård några kilometer söder om Malmö. Gården ägs och brukas av Peter Bager. Försöksplatsen representerar en jordart som är typisk för Söderslätt med låg mullhalt. Gården drivs kreaturslöst.

Tabell 1. Jordanalyser på försöksplatserna 1981.

Försöksplats	pH	Lättlöslig växtnäring*				Jordart
		P	K	Ca	Mg	
Igelösa	7,0	9,0	11,4	415	10	mmhML=måttligt mullhaltig mellanlera
Petersborg	6,8	11,1	8,9	195	7	nmhLL= något mullhaltig lättlera

*Ammoniumlaktatlösning

Med *måttligt mullhaltig* menas att jorden innehåller 3-6 % mull och är jorden *något mullhalig* innehåller den 2-3 % mull. En *lättera* innehåller 15-25 % ler och en *mellanlera* 25-40 % ler. Platserna valdes med tanke på att de skulle vara representativa för respektive trakt. Båda platserna representerar skånsk slättbygd. Försöksplatserna är båda belägna på den så kallade sydvästmoränen, vilken karakteriseras av bl.a. god bördighet och ringa stenförekomst. Sammanfattningsvis kan sägas att försöksplatserna väl representerar jordarna i respektive område.

1.3. Provtagning, provhantering och analyser

Ett omfattande provtagnings- och analysprogram har utförts i projektet. Åren direkt före respektive efter slamspridning, dvs. 1981, 1982, 1985, 1986, 1989, 1990, 1993, 1994 och 1997 har ett större analysprogram genomförts. Åren dessemellan har i huvudsak leden A0 och C0 studerats, dvs leden utan mineralgödsel där tredubbel giva av slam har jämförts med helt obehandlat led. Där möjlighet funnits har analyserna utförts enligt SIS-standard och på ackrediterat laboratorium.

1.3.1. Slam

Samma analysprogram som för matjorden har tillämpats d v s växtnäringsämnen och metaller (se *jord*, avsnitt 2.3.2). Delprov uttages kontinuerligt från det använda slammet vid spridningstillfället. Delproverna blandas och ett samlingsprov erhålls. Detta prov sändes till AgroLab Skandinavia AB för kemisk analys. Prov för kväveanalys fryses omedelbart och sändes i fryst tillstånd till AgroLab för analys av ammonium- och nitratkväve.

Vid de tre senaste spridningstillfällena (1989, 1993 och 1997) togs det ut prover för analys av organiska föreningar. Som huvudanalys avseende organiska ämnen valdes "Priority Pollutants" (PP). De ämnen som ingår i denna lista är framtagna för att de är miljöfarliga (toxiska, svårnedbrytbara och bioackumulerbara) och för att de finns och/eller används mer eller mindre i samhället idag. Denna PP-lista kommer ursprungligen från USA, men SI-Senter har tillsammans med norska naturvårdsverket anpassat listan till de mest relevanta ämnen för Norden och dessa är totalt 70 stycken.

Utöver PP-listan har SI-Senter också bestämt EOCl, dvs. extraherbart organiskt klor, en samlingsparameter på klorerade bioackumulerande ämnen. Slutligen har SI-Senter även utfört en fördjupad analys av s:a PCB.

Ett annat försök till samlingsparameter för miljöstörande organiska klorerade ämnen är AOX och EOX. Analysmetodik för dessa har till stor del utvecklats vid Linköpings universitet (Tema Vatten) och vi har därför låtit Linköping utföra analyserna. AOX brukar beskrivas som den del organiska ämnen som är adsorberbara, dvs. adsorberbara halogenerade ämnen. EOX är ett mått på den extraherbara bioackumulerbara delen. Som framgår av beteckningen är dessa samlingsparametrar "bredare" i och med att de inte bara täcker klorerade ämnen utan alla halogenerade ämnen.

Det ligger i sakens natur att bekämpningsmedel av olika slag kan vara miljöstörande vid recirkulation på åkermark. Statens Lantbrukskemiska Laboratorium i Uppsala (SLL), har utvecklat en sk multianalys för att spåra rester av dessa ämnen. Metoden täcker 107 olika ämnen. SLL utförde även en fördjupad analys kring fenoxisyror (6 st). För 1997 års provtagning uppstod ett problem som är typiskt för långtidsförsök nämligen att analysen hade ändrats. SLL har ändrat rutinerna och man får numera välja c:a 20 ämnen ur en lista på ett 50-tal. Härvid valde vi att undersöka 24 sådana ämnen som vi kunde misstänka förekom i systemet.

Slutligen har vi bestämt dioxininnehållet. Detta har utförts av Umeå universitet, Inst för Miljö-kemi.

1.3.2. Jord

Provtagning i jord har, av resursskäl, skett ledvis. Samlingsprov från varje försöksruta tas ut och blandas till ett prov per försöksled, dvs varje prov består av fyra samlingsprov, som i sin tur består av ett antal stick med jordborr per försöksruta. På varje prov utförs i laboratorium (AgroLab) dubbelanalys. Medeltalet av dessa analyser redovisas.

För att kunna utföra en statistisk bearbetning av analysresultaten från jordprovtagning, utfördes 1997 en mer omfattande provtagning. Vid detta tillfälle togs det ut jordprover rutvis och analys av dessa skedde. Istället för 9 jordprov blev det nu istället 36 jordprov per försök. Detta förfarande möjliggjorde en statistisk bearbetning av analysresultaten, vilket redovisas i kapitel 4.3. och 4.4.

Två år av fyra har varje försöksled provtagits och analyserats. Åren dessemellan har endast leden A0 och C0 provtagits. Följande analyser har utförts: pH-H₂O, P-AL, P-HCl, K-AL, K-HCl, Ca-AL, Mg-AL, As, S och mullhalt samt Hg, Cd, Pb, Cr, Co, Ni, Mn, Cu, Zn och B. Provtagning sker i matjorden ned till 25 cm. Proverna läggs i speciella provkartonger och transporteras med bil till AgroLab i Kristianstad för analys. Kväve analyseras två gånger årligen i led A0 och C0. Dels på hösten innan vinterns inträde, dels på våren före vårbruk. Provtagning sker i två skikt; 0-30 och 30-60. Dessa prover fryses direkt och transporteras till AgroLab i fryst skick. Analysen omfattar både ammonium-(NH₄) och nitratkväve (NO₃).

Jordprover för analys av organiska föreningar har uttagits med en metod som inte påverkar de organiska föreningarna från provtagningsutrustningen. Proverna har tagits med spade av rostfritt stål. Proverna har förvarats i glasburkar och har frusits ner direkt efter provtagning. Efter-som analyskostnaden är mycket hög för organiska ämnen har vi valt att kraftsamla provtagningen till år 1 och 4 i varje cykel. Detta motsvarar följande provtagningstillfällen: 1990 (år 1 i cykel 3); 1993 (år 4 i cykel 3); 1994 (år 1 i cykel 4); 1997 (år 4 i cykel 4). Provtagning år 4 sker på hösten efter skörd men före slamspridning. För 1997 (år 4 i cykel 4) saknas analys av organiska ämnen (PP och dioxin) i jord och gröda. Orsaken är att man inom projektet beslöt sig för att detta år satsa på rutvis provtagning och analys av metaller i akt och mening att kunna göra en statistisk bearbetning avseende halter i jorden.

1.3.3. Gröda

All skörd av gröda har utförts rutvis, dvs fyra skördeytor á 20 m² per försöksled, totalt 36 rutor per försök. Denna metod möjliggör statistisk bearbetning av skördarnas storlek, för att ut-röna om statistiskt säkra skillnader föreligger mellan försöksleden.

Skördeprodukterna analyseras enbart på de delar som förs bort från fältet. För spannmål analy-seras alltså kärna, men inte halm. Frö analyseras av oljeväxterna, men inte halm och socker-betsroten analyseras, men inte bladen. I kärna bestäms torrsubstans, renhet, rymdsvikt, falltal och proteinhalt. I oljeväxtfrö bestäms torrsubstans, renhet, klorofyll, proteinhalt och oljehalt. För sockerbeterna utförs de för sockerbeterna normala analyserna, nämligen rensvikt, socker-halt, blåtal, K+Na, sockerutbyte och jordhalt. Dessutom bestäms N, P, K, Ca, Mg, S, Hg, Cd, Pb, Cr, Co, Ni, Mn, Cu, Zn och B). Samtliga ovanstående analyser utförs vid AgroLab. All provtagning av gröda sker rutvis. Delproven sammanslås till ett prov per försöksled. Detta förfarande är det vanliga i fältförsök och görs av kostnadsskäl. Antalet analyser blir ju vårt fall

9 per försök istället för 36. Tillvägagångssättet medför dock att det inte går att utföra en statistisk bearbetning av materialet. För många av metallerna (>50 %) hade det ändå inte varit möjligt att utföra en statistisk bearbetning, eftersom halterna inte är av den storleksordningen att de går att kvantifiera.

Provtagning för analys av organiska föreningar har utförts i spannmål och oljeväxter. Proven uttogs med en sked av rostfritt stål. Förvaring och transport av proverna skedde i glasburkar. På samma sätt som för jord har provtagning för gröda koncentrerats till år 1 och år 4. Analysomfattningen är de ämnen som påvisats i slammet. Ett dilemma har varit att försöksgårdarna inte haft samma gröda parallellt. Vi har därför modifierat programmet med utökat antal analyser för att man dels skall kunna jämföra åren men även jämföra halter i samma typ av gröda.

2. Egenskaper hos tillfört slam

Slam har tillförts försöken vid fem tillfällen, nämligen höstarna 1981, 1985, 1989, 1993 och 1997. Tillförseln har skett efter skörd av respektive års gröda och före höstplöjning.

2.1. Växtnäringsinnehåll

Tabell 2 a. Växtnäringsinnehåll i slam, från Källbyverket, tillfört försöksplatsen Igelösa.

År	TS,%	pH	% av TS				
			NH ₄ -N	Tot P	Tot K	Ca-AL	Mg-AL
1981	27	7,4	0,37	3,3	<0,1	8,9	0,19
1985	35	7,1	0,13	4,9	0,11	5,4	0,14
1989	30	6,8	0,33	4,3	0,08	8,3	0,22
1993	23	7,5	0,45	3,8	0,10	3,4	0,20
1997	17	7,7	1,3	4,5	0,41	3,7	0,68

Tabell 2 b. Växtnäring tillfört med 1 ton slam-TS. Kg/ha, Igelösa.

År	NH ₄ -N	Tot P	Tot K	Ca-AL	Mg-AL
1981	3,7	33	<1	89	1,9
1985	1,3	49	1,1	54	1,4
1989	3,3	43	0,8	83	2,2
1993	4,5	38	1,0	34	2,0
1997	13	45	4,1	37	6,8

Mängden kväve varierar något mellan åren. Året 1997 avviker mycket mot tidigare år. En förklaring är kanske att eftersom TS-halten är lägre detta år, kan man ha fått med sig kväve i vatten. Det finns en hel del organiskt bundet kväve i slammet. Totalkvävehalten var vid senaste provtagningstillfället 5,5 % av TS, vilket innebär att 55 kg totalkväve tillförs med varje ton slam-TS. På sikt kan man förvänta sig att en del av detta kväve kommer att levereras till matjorden i, för växten, upptagbar form.

Tabell 3 a. Växtnäringsinnehåll i slam tillfört försöksplatsen Petersborg.

År	TS,%	pH	% av TS				
			NH ₄ -N	Tot P	Tot K	Ca-AL	Mg-AL
1981	20	7,3	0,5	3,5	<0,5	11,5	0,75
1985	21	7,6	0,9	3,2	-	11,2	0,41
1989	25	5,8	2,4	3,0	0,36	7,6	0,31
1993	27	7,8	1,0	2,7	0,10	3,6	0,30
1997	24	8,3	0,96	3,5	0,10	4,1	0,28

Tabell 3 b. Växtnäring tillfört med 1 ton slam-TS. Kg/ha, Petersborg.

År	NH ₄ -N	Tot P	Tot K	Ca-AL	Mg-AL
1981	5	35	<5,0	115	7,5
1985	9	32	-	112	4,1
1989	24	30	3,6	76	3,1
1993	10	27	1,0	36	3,0
1997	10	35	1,0	41	2,8

1989 var kväveinnehållet i detta slam osedvanligt högt. 1993 var värdena åter på "normal" nivå. Kalciumvärdena sjönk mellan åren 1985 och 1989.

2.2. Metallinnehåll

Tabell 4 a. Metallinnehåll i slam, Igelösa. (Källbyverket, Lund).

År	Mg/kg TS						
	Bly Pb	Kadmium Cd	Koppar Cu	Krom Cr	Kvicksilver Hg	Nickel Ni	Zink Zn
1981	162	3,0	1333	137	6,9	111	1037
1985	85	1,3	651	207	4,0	19	595
1989	59	1,7	1300	46	5,2	17	1100
1993	59	1,9	1250	28	3,8	13	705
1997	64	1,9	1700	28	3,4	17	780

Trenden med minskade halter av bly och kadmium tycks ha avstannat. Däremot fortsätter halten kvicksilver att minska. Kopparhalten ligger fortfarande långt över riktvärdena.

Tabell 4 b. Metallinnehåll i slam, Petersborg (Sjölunda, Malmö).

År	Mg/kg TS						
	Bly Pb	Kadmium Cd	Koppar Cu	Krom Cr	Kvicksilver Hg	Nickel Ni	Zink Zn
1981	180	3,5	1100	135	4,5	25	1000
1985	103	2,8	1028	406	2,4	25	747
1989	120	2,2	1300	49	3,7	25	810
1993	75	1,7	1550	38	2,4	30	655
1997	82	3,1	2000	29	2,0	26	840

Halten av kadmium har för första gången i försökets historia ökat och ligger enligt denna analys betydligt över Naturvårdsverkets riktvärden. Även kopparhalten har ökat och ligger långt över riktvärdena. Observera att analyserna härrör från just det parti som använts i försöket. Antingen har det slumpat sig så att just det uttagna partiet av någon svårförklarlig anledning avviker markant från det normala, eller, vilket är troligare, att det föreligger ett provtagnings- och/eller analysfel. Diagram 1 – 3 visar innehållet av metaller i slam i försöken. Den mer långsiktiga utvecklingen i redovisas i diagram 4-6.

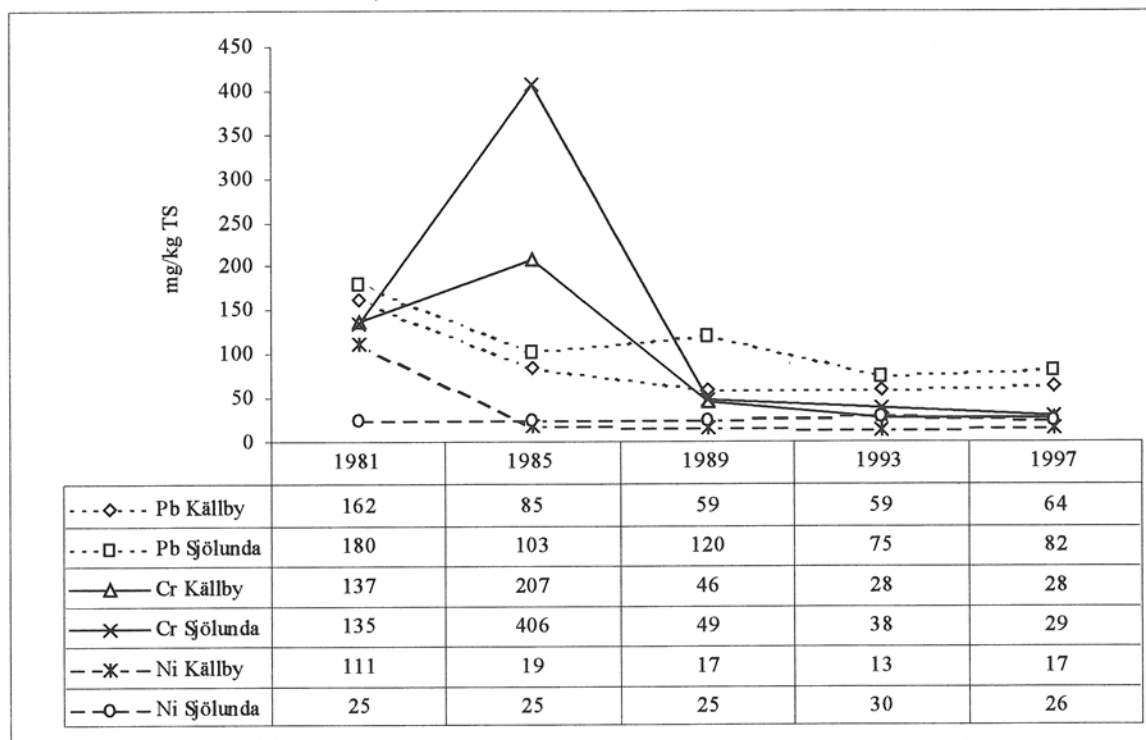


Diagram 1. Innehåll av bly, krom och nickel i slam i försöken, från Källbyverket och Sjölanda-
verket, 1981-1997.

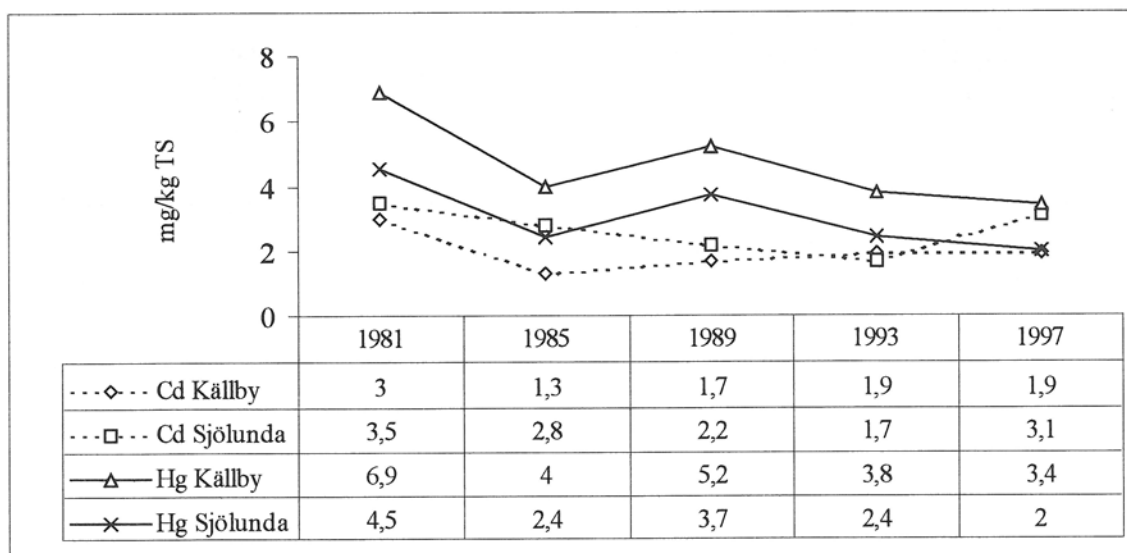


Diagram 2. Innehåll av kadmium och kvicksilver i slam i försöken, från Källbyverket och
Sjölandaverket, 1981-1997.

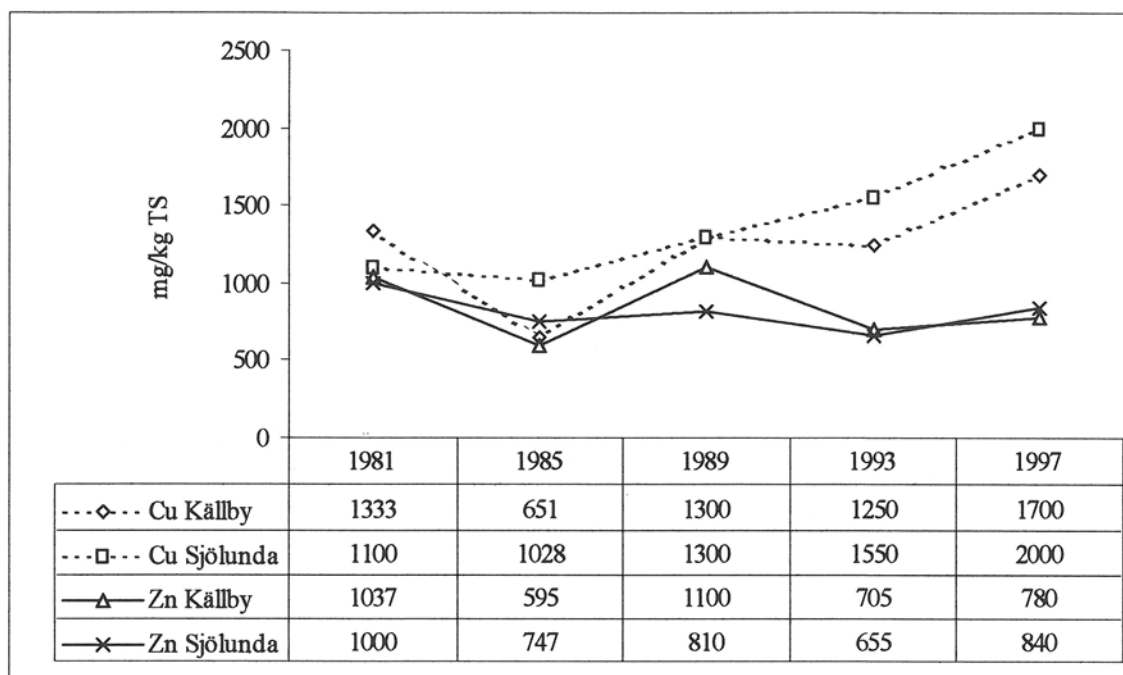


Diagram 3. Innehåll av koppar och zink i slam i försöken, från Källbyverket och Sjölundaverket, 1981-1997.

Tabell 5. Riktvärden för metaller i slam för användning på åker (Statens Naturvårdsverk).

Maxhalter , mg/kg TS						
Bly	Kadmium	Koppar	Krom	Kvicksilver	Nickel	Zink
Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn
100	2	600	100	2,5	50	800

Utöver ovanstående krav på gränsvärden för metaller i slammet, finns också gränsvärden för halten metaller i åkermarken och ytterligare en begränsning av den årliga mängd metaller som högst får tillföras åkermark vid användning av avloppsslam. Dessutom begränsas tillförseln av fosfor och ammoniumkväve.

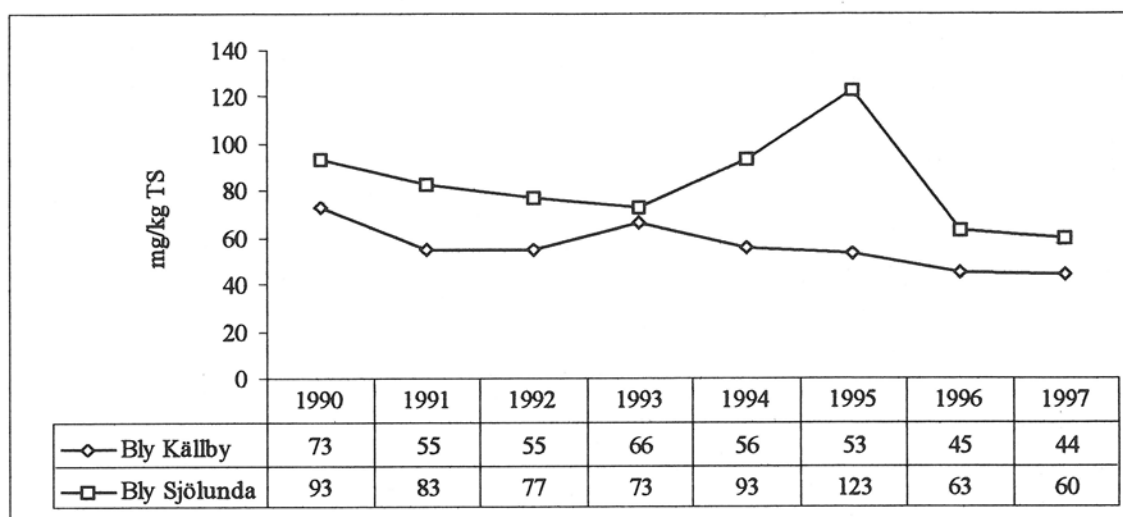


Diagram 4. Innehåll av bly i slam från Källby respektive Sjölanda under åren 1990-1997. Värdena representerar årsmedeltal.

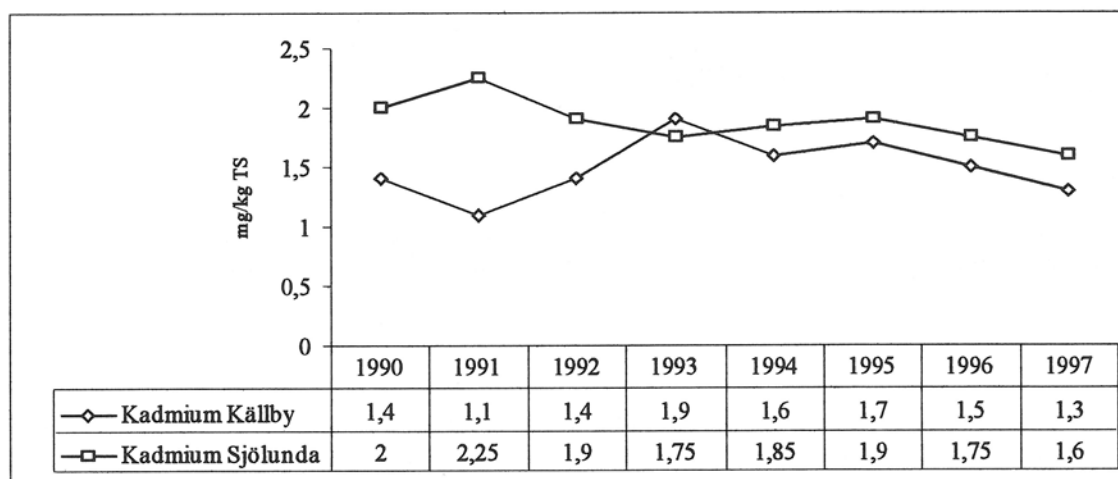


Diagram 5. Innehåll av kadmium i slam från vid Källby respektive Sjölanda under åren 1990-1997. Värdena representerar årsmedeltal.

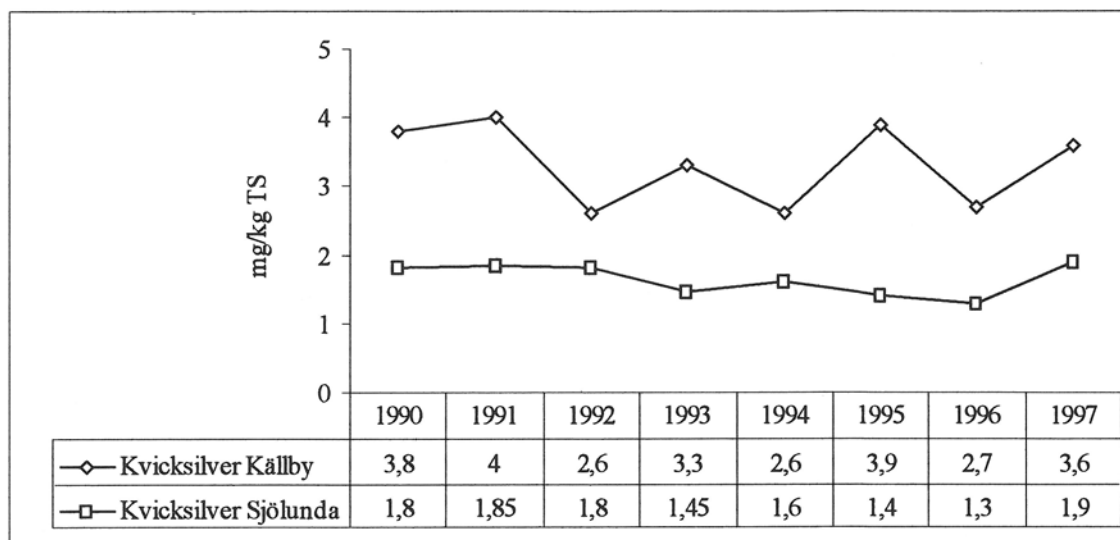


Diagram 6. Innehåll av kvicksilver i slam från vid Källby respektive Sjölanda under åren 1990-1997. Värdena representerar årsmedeltal.

2.3. Innehåll av organiska föreningar

Denna redovisning avser 16 års resultat motsvarande 4 fyraåriga cykler. Det innebär att de resultat som redovisats avser tiden fram till och med skörd och slamspridning 1997. I tabellerna nedan visas 1989, 1993 och 1997 års värden för slam.

Vi vill göra läsaren uppmärksam på att många av de organiska miljöstörande ämnen finns i endast små koncentrationer. Flera av de laboratorier vi utnyttjat har även forskningsverksamhet och vi har därför begärt att man om möjligt skall "pressa ner" detektionsgränserna eftersom det är svårt att statistiskt behandla värden som är mindre än (<). Vidare saknas i vissa fall en vedertagen detektionsgräns.

Priority Pollutants (PP) redovisas av SI på tre nivåer. Nivå 1 innebär att ämnet är identifierat och kvantifierat dvs. får ett värde. Nivå 2 innebär att ämnet är identifierat dvs. finns med säkerhet, men i så små koncentrationer att man inte kan ange ett värde. Nivå 3 är då följaktligen att man inte kunnat påvisa någon närvaro av ämnet.

För att få en bättre överblick visas i tabell 6 hur de olika ämnena fördelade sig med avseende på bestämningen.

Tabell 6. PP-analys av slam. K = kvantifierat och I = endast identifierat.

	Antal K	Antal end. I	Antal ej I	Totalt
Lund-89	13	7	50	70
Lund-93	3	6	61	70
Lund -97	8	13	49	70
Malmö-89	4	0	66	70
Malmö-93	12	4	54	70
Malmö-97	7	15	48	70

Som framgår av tabellerna 6 och 7 har man påvisat något fler ämnen i slam från 1997 jämfört med 1989 och 1993. Detta är tydligast för Malmö. Vidare hade Lunds slam 1989 ett klart större antal ämnen än Malmö medan det 1993 var Malmö som hade fler ämnen än Lund. 1997 hade Malmö och Lund så gott som lika många ämnen i slammet. Resultaten visar att det är stora variationer i analysen, vilket understryker att det inte är enskilda värden man bör bedöma utan mera de långsiktiga tendenserna. Vidare ska värden mer ses som en allmän information om ett ämne eller en grupp förekommer samt vilken storleksordning det rör sig om.

Vissa generella tendenser kan utläsas genom att studera grupper eller enskilda ämnen i själva PP-analysen, se tabell 7 nedan. Gruppen cykliska aromater har minst ämnen representerade 1993 och flest 1997 i båda slammen. Samma fenomen visar gruppen PAH. Det återfanns ett antal PAH-komponenter i små mängder (I) i 97 års slam. Klorerade aromater kunde inte påvisas alls 1993 och 1997. De övriga grupperna visade i mycket generella drag samma mönster 1989, 1993 och 1997. Nonylfenoler har hittats i kvantifierbara mängder i samtliga prover, både i Lund och Malmö, och här kan man tydligt se en minskning. Likaså har ftalater (DEHP) och fenoler återfunnits i kvantifierbara mängder i flertalet av proverna.

Tabell 7. Halter enligt PP-analys av slam (1989, 1993 och 1997 mg/kg TS). L = Lund, Källby och M = Malmö, Sjölanda.

ÄMNE	L-89	L-93	L-97	M-89	M-93	M-97
Mono- och bicykliska aromater :						
Bensen	-	*	7	-	3,0	6,0
Toluen	-	1,5	4	-	4,5	3,0
Etylbensen	-	-	*	-	*	*
M-/P-Xylen	16,0	-	8	-	2,0	15
O-Exylen	-	-	*	-	*	*
Styren	*	-	-	-	-	-
Naftalen	*	-	*	-	0,6	*
2-Metylnaftalen	*	-	*	-	*	*
1-Metylnaftalen	*	-	*	-	*	*
2,3-Metylnaftalen	-	-	*	-	-	*
2,3,5-Metylnaftalen	-	-	-	-	-	-
Bifenyl	-	-	*	-	-	*
Polycykliska Aromatiska Kolväten :						
Dibensofuran	-	-	*	-	-	*
Fenantren	3,8	*	1	-	1,2	*
Dibensotiofen	-	-	-	-	-	-
Pyren	3,5	*	*	-	0,8	*
Flouranten	4,3	*	*	-	1,0	*
Benzo(B)fluoren	1,5	-	*	-	-	*
Benzo(A)antracen	1,9	-	*	-	-	*
Krysen/Trifenylen	1,3	-	*	-	-	*
Benzo(E)pyren	-	-	-	-	-	*
Benzo(A)pyren	-	-	-	-	-	-
Indeno(1,2,3-CD)pyren	-	-	-	-	-	-
Benzo(GHI)perylene	-	-	-	-	-	-
Benzo(B/J/K)fluoranten	-	-	-	-	-	-
Klorerade Aromater :						
Klorbensen	-	-	-	-	-	-
1,3-Diklorbensen	-	-	-	-	-	-
1,4-Diklorbensen	*	-	-	-	-	-
1,2-Diklorbensen	-	-	-	-	-	-
1,2,4-Triklorbensen	*	-	-	-	-	-
Pentaklorbensen	-	-	-	-	-	-
Hexaklorbensen	-	-	-	-	-	-
Oktaklorstyren	-	-	-	-	-	-
Tetraklorbifenyl	-	-	-	-	-	-
Pentaklorbifenyl	-	-	-	-	-	-
Hexaklorbifenyl	-	-	-	-	-	-
Diklor-P-cymen	-	-	-	-	-	-

ÄMNE	L-89	L-93	L-97	M-89	M-93	M-97
Fenoler :						
Fenol	74,5	*	105	8,3	50	140
O-Kresol	-	-	-	-	-	-
M-/P-Kresol	96,3	*	235	32,6	180	10
2-Nitrofenol	-	-	-	-	-	-
P-Nonylfenol	1284,5	17	40	376,4	25	185
2,4,6-Triklorfenol	-	-	-	-	-	-
Pentaklorfenol	-	-	-	-	-	-
Tetraklorguajakol	-	-	-	-	-	-
Pesticider :						
Lindan	-	-	-	-	-	-
4,4'-DDE	-	-	-	-	-	-
4,4'-DDD	-	-	-	-	-	-
4,4'-DDT	-	-	-	-	-	-
Ftalater/Adipater :						
Dimetylftalat	-	-	-	-	-	-
Dietylftalat	*	-	-	-	-	-
Di-N-Butylftalat	-	-	-	-	-	-
Butylbenzylftalat	-	-	-	-	-	-
Di-(2-Etylhexyl)Ftalat	313,1	-	70	160,6	125	160
Di-(2-Etylhexyl)Adipat	-	-	-	-	-	-
Fosfat-estrar :						
Tri-N-Butylfosfat	-	-	-	-	-	-
Trifenylfosfat	-	-	-	-	-	-
Trikresylfosfat	-	-	-	-	-	-
Aromatiska N-föreningar :						
Nitrobensen	-	-	-	-	-	-
Etrar :						
Dioksan	-	-	-	-	-	-
Halogenerade Alifater :						
Diklormetan	-	-	-	-	-	-
Kloroform	-	0,11	-	-	3,4	-
Bromidklormetan	-	-	-	-	-	-
Dibromklormetan	-	-	-	-	-	-
Bromoform	-	-	-	-	-	-
Tetraklormetan	-	-	-	-	-	-
Trikloretan	0,025	-	-	-	-	-
1,1,1-Trikloretan	-	-	-	-	-	-
1,1,2-Trikloretan	-	-	-	-	-	-
Tetrakloretan	0,038	-	-	-	-	-
Hexakloretan	-	-	-	-	-	-

-: innebär att ämnet ej identifierats (påvisats)

*: innebär att ämnet identifierats men ej kvantifierats

SI-Senters fördjupade analys av EOCl och PCB visas i tabell 8 nedan.

Tabell 8. EOCl och PCB i slam (mg/kg TS).

ÄMNE	L-89	L-93	L-97	M-89	M-93	M-97
EOCl	63	57	35	68	75	26
PCB	0,9	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3

I tabell 8 framgår att PCB tycks ligga på en stabil nivå. Riktvärdet enligt SNV rapport 4418 är 0,4 mg/kg TS för S:a PCB(7). Den här presenterade fördjupade analysen täcker betydligt fler kongener än de 7 som SNV anger. EOCl är ett mått på extraherbart organiskt klor och bör uppfattas som en samlingsparameter. Det finns antydningar till att halten skulle vara i avtagande, då 97 års värden är betydligt lägre än tidigare.

Tabell 9. AOX och EOX i slam (1989 års provtagning).

ÄMNE	L-89	M-89
AOX (mg/kg TS)	330	475
AOX (mg/kg org. TS)	660	950
EOX (mg/kg TS)	40	30
EOX (mg/kg org. TS)	80	60

Man bör notera att AOX och EOX endast undersökts på 1989 års prover. Orsaken härtill är att det visat sig vara alltför stora osäkerheter i dessa analyser. Prov på jord 1990 visade variationer för samma prov på över 100 %. Ett beslut togs därför att låta AOX och EOX tills vidare utgå ur analysprogrammet. Vidare torde EOX rimligtvis vara minst lika stort som EOCl. Att så inte är fallet visar på de stora svårigheter som finns med att bestämma organiska klorerade ämnen.

Undersökningen av bekämpningsmedelsrester i slammet 89 gav ett entydigt resultat. Inget av de 107 ämnen som undersökts enligt den så kallade Multimetoden kunde påvisas i vare sig Malmös eller Lunds slam. Den fördjupade studien avseende fenoxisyror visade heller inget identifierbart ämne. Här var detektionsgränsen 0,004 mg/kg TS. Detta innebär att vi i projektgruppen beslutade att inte utföra multianalys på jord och gröda under denna period (89-93). Motsvarande analys på 1993 års slam gav samma entydiga resultat, dvs. inget bekämpningsmedel kan detekteras i slammet. När det gäller 1997 års provtagning så visas de 24 ämnen som utvaldes samt de 4 ämnen avseende "fenoxisyror" som analyserats i bilaga där även användningsområde och detektionsgräns framgår. I Malmös slam återfanns cyflutrin (0,05 mg/kg TS) och permetrin (0,2 mg/kg TS). I Lunds slam återfanns endast permetrin (0,1 mg/kg TS). Det bör noteras att detektionsgränsen vid denna analys för flertalet ämnen var 10 till 100 gånger lägre än tidigare. Båda ämnena är s.k. insekticider och ingår som verksamma substanser i bekämpningsmedel mot insekter. Precis som vid de två tidigare slamundersökningarna fanns det inga rester av s.k. fenoxisyror.

Dioxin kan redovisas enligt lite olika metoder där skillnaden främst är hur man viktar ingående komponenter. Nedan redovisas de olika resultaten. Om man endast redovisar ett värde på dioxin är det normalt nordisk metod som man avser.

Tabell 10. Dioxinhalt i slam (pg/g TS alt. ng/kg TS = 10^{-6} mg/kg TS)

METOD	L-89	L-93	L-97	M-89	M-93	M-97
Eadon	13	1,4	6,2	17	1,5	13
Nordisk	50	14	15	35	12	22
I-TEF	51	14	15	35	12	22

Dioxinanalyserna i Lund antyder en stabiliserad nivå medan analyserna i Malmö varierar.

Analys av Dioxin har utförts vid institutionen för Miljökemi i Umeå vid professor Rappes avdelning. Erhållna värden är svåra att sätta in i ett större sammanhang då det inte finns så mycket referensdata. Man brukar ange att dioxin ligger i intervallet 5-150 ng/kg TS för svenska slam. Enligt professor Rappe är de här uppmätta värdena ganska låga för ett svenskt slam.

Försöksresultat 1996-1997

Försöksresultaten från 1981-1995 är tidigare redovisade och kommer ej att i detalj redovisas i denna publikation. De senaste två årens resultat är dock ej tidigare redovisade och presenteras här mera fullständigt.

3. Försöksresultat 1996

3.1. Effekt på skörden

Under 1996 odlades höstvet, av sorten Kosack, på Igelösa. På Petersborg odlades vårkorn, av sorten Ariel.

3.1.1. Igelösa

Tabell 11. Skörd 1996, höstvet.

<i>Försöks- led</i>	<i>Skörd dt/ha</i>	<i>Rel.tal %</i>	<i>Protein % av TS</i>	<i>Stråstyr- ka 0-100</i>	<i>Rymdvikt g/l</i>	<i>Tusen- kornvikt g</i>
<i>A0</i>	54,2	100	8,1	100	911	51,5
<i>B0</i>	57,4	106	7,7	100	830	46,7
<i>C0</i>	64,3	119	8,5	100	817	46,2
<i>A1</i>	75,5	139	8,9	88	825	46,8
<i>B1</i>	76,5	141	8,8	100	855	45,6
<i>C1</i>	79,2	146	10,2	100	840	45,6
<i>A2</i>	81,7	151	10,3	75	859	46,2
<i>B2</i>	79,4	146	10,8	75	855	44,4
<i>C2</i>	81,3	150	12,1	75	851	44,3

Genom ett misstag gödslades några av parcellerna med kalksalpeter av brukaren. Längs båda långsidorna på försöket har det kommit in en del korn av detta gödselmedel. Eftersom ett konstaterat försöksfel föreligger kommer detta försöks skörderesultat inte att räknas med i medeltalsberäkningar. Enär det handlar om ett lösligt kvävegödselmedel har detta dock ingen eller försumbar effekt på kommande års skörderesultat.

De tonade områdena i nedanstående figur visar de försöksrutor som påverkats av övriga fältets gödning.

A0	B0	C0	B0	C0	A0
A1	B1	C1	B1	C1	A1
A2	B2	C2	B2	C2	A2
A1	B1	C1	B1	C1	A1
A0	B0	C0	B0	C0	A0
A2	B2	C2	B2	C2	A2

3.1.2. Petersborg

Tabell 12. Skörd 1996, vårkorn.

Försöks- led	Skörd dt/ha	Rel.tal %	Protein % av TS	Rymdvikt g/l	Tusen- kornvikt g
A0	36,8	100	7,4	714	43,5
B0	40,8	111	7,5	703	43,3
C0	43,9	119	7,4	717	43,0
A1	66,9	182	7,8	729	43,9
B1	64,9	176	7,9	735	44,0
C1	67,2	183	8,0	729	44,3
A2	64,8	176	9,8	726	40,9
B2	62,7	170	9,6	721	40,6
C2	64,3	175	10,0	726	41,8

Skördeökningarna var ovanligt stora detta år, både för mineralgödsel och slam.

3.2. Skördeprodukternas innehåll av tungmetaller

Redovisningen gäller den del av grödan som förs bort från fältet, dvs för det aktuella året 1996 höstvetete- respektive kornkärna.

3.2.1. Igelösa

Tabell 13. Höstvetekärnans innehåll av metaller 1996, mg/kg TS.

Försöks- led	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As
A0	0,06	0,05	3,8	0,13	0,13	19	<0,05	<0,05	<0,05
B0	0,10	0,05	3,5	0,14	0,12	21	<0,05	<0,05	<0,05
C0	0,10	0,05	3,8	0,14	0,10	27	<0,05	0,06	<0,05
A1	0,06	0,04	3,7	0,14	0,06	19	<0,05	<0,05	<0,05
B1	0,05	0,06	3,5	0,15	<0,05	20	<0,05	0,05	<0,05
C1	0,14	0,06	3,6	0,14	<0,05	25	<0,05	0,06	<0,05
A2	0,12	0,05	3,8	0,15	0,07	20	<0,05	<0,05	0,07
B2	0,06	0,10	3,2	0,15	<0,05	20	<0,05	0,05	<0,05
C2	0,08	0,04	3,2	0,14	<0,05	24	<0,05	0,06	<0,05

Kommentar: Se kapitel 6.

3.2.2. Petersburg

Tabell 14. Kornkärnans innehåll av metaller 1996, mg/kg TS.

Försöks- led	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As
A0	<0,03	0,02	4,8	0,18	0,10	23	<0,05	0,09	0,06
B0	<0,03	0,01	4,4	0,18	0,09	23	<0,05	<0,05	0,06
C0	<0,03	0,02	4,7	0,18	0,09	24	<0,05	<0,05	0,10
A1	<0,03	0,01	4,0	0,16	0,09	21	<0,05	<0,05	0,09
B1	<0,03	0,01	3,8	0,17	0,08	22	<0,05	<0,05	0,06
C1	<0,03	0,01	4,9	0,19	0,11	24	<0,05	<0,05	0,07
A2	<0,03	0,01	3,6	0,19	0,38	24	<0,05	<0,05	0,06
B2	<0,03	0,01	3,8	0,17	0,07	25	<0,05	<0,05	0,06
C2	<0,03	0,01	4,6	0,18	0,12	25	<0,05	<0,05	0,06

Kommentar: Se kapitel 6.

4. Försöksresultat 1997

4.1. Effekt på skörden

Under 1997 odlades sockerbetor på Igelösa och höstveten på Petersborg.

4.1.1. Igelösa

Tabell 15. Skörd 1997, sockerbetor.

Försöks- led	Rotskörd ton/ha	Rel.tal %	Socket- halt %	Socket- skörd kg/ha	Rel.tal %	Blåtal	Plant- antal st/ha
A0	31,1	100	19,4	6030	100	8	81000
B0	35,7	115	19,4	6890	114	9	78300
C0	37,3	120	18,9	7320	121	9	78000
A1	41,0	132	19,8	8110	134	8	81000
B1	44,7	144	19,5	8680	144	10	76500
C1	47,9	154	19,3	9220	153	10	81800
A2	52,3	168	18,9	9880	164	14	74500
B2	50,3	162	18,6	9360	155	14	72000
C2	58,2	187	17,8	10330	171	19	80300

Skördeökningen för enbart slam har varit stora, vilket brukar vara fallet för grödan ifråga. I kombination med mineralgödsel har skörden ökat ytterligare i storlek.

4.1.2. Petersborg

Tabell 16. Skörd 1997, höstveten.

Försöks- led	Skörd dt/ha	Rel.tal %	Protein %
A0	15,4	100	9,4
B0	17,2	112	9,0
C0	18,7	122	9,4
A1	51,2	333	8,9
B1	54,9	356	8,7
C1	53,7	348	8,9
A2	69,8	454	11,0
B2	69,9	454	11,1
C2	72,6	471	11,8

Grundskörden är låg, men höjs mycket kraftigt, och betydligt mer än normalt, med hjälp av mineralgödsel. Slammets skördehöjande effekt ligger på ungefär samma nivå som tidigare år för grödan höstveten.

4.2. Skördeprodukternas innehåll av tungmetaller

4.2.1. Igelösa, sockerbetor.

Tabell 17. Sockerbetans innehåll av metaller 1997, mg/kg TS.

Försöks- led	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As
A0	0,14	0,45	4,2	0,33	0,53	16	<0,01	0,02	<0,05
B0	0,08	0,41	4,4	0,22	0,44	14	<0,01	<0,02	<0,05
C0	0,07	0,39	4,8	0,25	0,49	12	<0,01	<0,02	<0,05
A1	0,31	1,2	3,9	0,88	1,2	17	<0,01	0,07	<0,05
B1	0,08	0,33	4,1	0,21	0,33	14	<0,01	0,02	<0,05
C1	0,07	0,32	4,6	0,20	0,40	14	<0,01	<0,02	<0,05
A2	0,08	0,34	3,7	0,24	0,56	15	<0,01	0,02	<0,05
B2	0,07	0,28	4,1	0,19	0,31	12	<0,01	<0,02	<0,05
C2	0,07	0,29	4,6	0,21	0,38	14	<0,01	<0,02	<0,05

Kommentar: Se kapitel 6.

4.2.2. Petersborg, höstvete

Tabell 18. Vetekärnans innehåll av metaller 1997, mg/kg TS.

Försöks- led	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As
A0	<0,03	0,05	4,5	0,14	<1	26	<0,01	<0,1	<0,05
B0	<0,03	0,05	4,5	0,12	<1	24	<0,01	<0,1	<0,05
C0	<0,03	0,05	4,6	0,48	<1	25	<0,01	<0,1	<0,05
A1	0,03	0,05	4,0	0,14	<1	17	<0,01	<0,1	<0,05
B1	<0,03	0,04	3,9	0,17	<1	17	<0,01	<0,1	<0,05
C1	<0,03	0,08	4,1	0,44	<1	17	<0,01	<0,1	<0,05
A2	<0,03	0,08	3,8	0,11	<1	22	<0,01	<0,1	<0,05
B2	<0,03	0,05	4,6	0,44	<1	22	<0,01	<0,1	<0,05
C2	<0,03	0,07	4,5	0,47	<1	22	<0,01	<0,1	<0,05

Kommentar: Se kapitel 6.

4.3. Slammets effekt på markens växtnäringsinnehåll och statistisk bearbetning

För att kunna utföra en statistisk bearbetning av analysresultaten från jordprovtagning, utfördes 1997 en mer omfattande provtagning. Vid detta tillfälle togs det ut jordprover rutvis och analys av dessa skedde. Istället för 9 jordprov blev det nu 36 jordprov per försök. Detta förfarande möjliggjorde en statistisk bearbetning av analysresultaten.

Vid beräkning av de statistiska skillnaderna mellan försöksleden har använts traditionella statistiska modeller för fältförsök i Sverige, i det här fallet **variansanalys**. Redovisning sker av LSD 5 % (minsta signifikanta differens). Det innebär t.ex. att om LSD- värdet är 0,6 kan man med 95 procents säkerhet säga att två försöksled skiljs från varandra om skillnaden är 0,6 enheter eller större. Detta under förutsättning att signifikansnivån är minst 95. Observera dock att det finns fortfarande 5 % risk att det är slumpen som spelat in. Om kravet på signifikansnivå inte uppfylls kan man inte tala om några signifikanta skillnader alls. De signifikansnivåer som man använder sig av i jordbruksförsök är följande.

95% = 1-stjärnig signifikans (*)

99% = 2-stjärnig signifikans (**)

99,9% = 3-stjärnig signifikans (***)

Variansanalysen visar om det föreligger signifikanta skillnader mellan försöksled, men egentligen inte mellan vilka led detta gäller.

För att finna ut mellan vilka försöksled statistiskt signifikanta skillnader föreligger har här använts en test med lite strängare krav, **SNK-test** (Student-Newman-Keul).

I denna redovisning har en SNK-test utförts i de fall signifikansnivån är 95 eller högre.

Signifikans: Anger ett värde mellan 0 och 100, där värdet 95 % måste uppnås för att vi skall kunna konstatera en signifikant skillnad (1-stjärnig signifikans).

Medelfel: Är detsamma som variationskoefficienten, vilket i sin tur redovisar standardavvikelsen dividerad med medeltalet. Det är inte kopplat till någon särskild sannolikhetsnivå, utan är ett allmänt mått på försökets jämnhet. I fältförsök talar man ofta om att medelfelet bör vara under 5-6 för att man skall våga tala om ett jämnt och bra försök.

LSD 5 %: Den nivåskillnad mellan två försöksled som måste finnas för att man skall våga tala om signifikanta skillnader på 95 % nivå. Egentligen gäller detta endast om försöket har två försöksled. För att få större säkerhet utförs här därför en kompletterande SNK- test.

4.3.1. Igelösa

Tabell 19. Växtnäringsstillstånd i matjorden 1997.

Försöks- led	pH- H ₂ O	Mull- halt, %	P-AL	K-AL	Mg- AL	Ca- AL	P-HCl	K- HCl	B
A0	6,6	4,1	7,3	9,9	10,1	345	55	123	1,3
B0	6,6	4,3	18	11	11,5	408	78	129	1,4
C0	6,4	4,7	29	12	12,2	440	108	139	1,4
A1	6,6	4,1	10	13	10,1	375	60	136	1,4
B1	6,6	4,4	19	12	10,7	373	75	132	1,4
C1	6,5	5,0	31	13	11,6	375	106	128	1,4
A2	6,6	4,1	8,8	14	12,0	528	57	132	1,5
B2	6,6	4,5	19	12	10,8	355	79	132	1,6
C2	6,5	5,0	31	12	11,3	338	111	139	1,5
Signifikans	33,6	98,4	100	97,7	88,2	88,9	100	39,8	99,3
Medelfel	1,2	4,6	4,7	5,9	5,1	11,1	4,7	4,3	3,1
LSD 5%	2,4	0,6	2,6	2,1	1,7	127	11	17	0,1
SNK-test	ns	0	C0,C1,C2 ≠ A0,A1,A2 B0,B1,B2	A2≠A0	ns	ns	C0,C1,C2 ≠ A0,A1,A2 B0,B1,B2	ns	B2≠A0 B2≠C0
			B0,B1,B2 ≠ A0,A1,A2				B0,B1,B2 ≠ A0,A1,A2		

Med statistisk säkerhet kan följande slutsatser dras:

- **pH, Mg-AL, Ca-AL och K-HCl** har inte påverkats vare sig av slam eller mineralgödsel
- En mycket klar tendens till ökad **mullhalt** med ökad slamtillförsel. Däremot har inte mineralgödsetillförsel påverkat mullhalten.
- **P-AL och P-HCl**: De tre försöksleden med enbart trefaldig slamgiva skiljer ut sig mot samtliga övriga led, även de med normal slamgiva. Dessutom är de tre slamleden med normal giva statistiskt skilda från försöksleden utan slamtillförsel. Tillförsel av mineralgödsel har inte påverkat P-värdena. Detta kan uttryckas som att tillförsel av fosfor väl balanserar bortförseln.
- **K-AL och B**: Inga starka samband föreligger.