

# Slamspridning på åkermark

## SAMMANFATTNING

- Två unika fältförsök för att undersöka effekterna på mark och gröda vid spridning av slam på åkermark har pågått i Malmö-Lundområdet sedan 1981 och de pågår fortfarande. I denna redogörelse redovisas inte resultat för enskilda år utan endast ett axplock av sammanfattande resultat av alla 34 försöksåren.
- Resultaten pekar entydigt på att bördigheten ökar vid slamtillförsel.
- Slamkvaliteten har genomgått en avsevärd förbättring sedan försöken startade. Samtliga metallhalter har minskat med tiden och minskningen uppgår i genomsnitt till cirka 60 procent för slammen från båda avloppsreningsverken.
- Slamtillförseln medför att markens mullhalt är högre än i de försöksled som inte fått någon slam.
- Fosfortalen har stigit markant och kvävehalten har ökat i matjorden.
- Halterna av tungmetaller i marken har ökat vad gäller koppar, kvicksilver och zink på båda försöksplatserna. Blyhalten har vid några analystillfällen ökat på båda försöksplatserna och dessutom har tennhalten uppvisat förhöjda analysvärden vid senaste analystillfället på båda försöksplatserna. Övriga metaller har inte uppvisat några förändrade värden på grund av slamgödsling.
- Alla i försöken förekommande grödor har svarat med ökad skörd vid slamtillförsel. I genomsnitt har en skördeökning med cirka sju procent erhållits av slamgödslingen. För lantbrukaren innebär det en merintäkt på 500–600 kr per hektar.

## Inledning och bakgrund

Projektet Slamspridning på åkermark startade 1981. Försöksplatserna är Igelösa gård, strax norr om Lund, och Petersborgs gård, strax söder om Malmö. Slam har levererats från Källbyverket i Lund respektive Sjölundaverket i Malmö. Första gången slam spreds på försöksytorna var hösten 1981. Därefter har slam tillförts vart fjärde år efter skörd av årets gröda.

Målsättningen med projektet är att undersöka effekten på såväl mark som gröda vid spridning av slam på åkermark. Detta innebär att effekterna av tillförsel av näringsämnen, metaller, mikro-spårämnen och mullbildande ämnen ska utvärderas och kvantifieras. Vidare ska tillförsel av organiska miljöstörande ämnen identifieras, kvantifieras och riskbedömas vid några tillfällen.

## Försöksplan

Försöksplanen omfattar nio olika kombinationer av slamtillförsel och mineralgödselgivor med nedanstående beteckningar.

**A** Utan slam

**B** Slam.

4 ton TS per hektar vart 4:e år (1981, 1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005, 2009, 2013)

**C** Slam.

12 ton TS per hektar vart 4:e år (1981, 1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005, 2009, 2013)

**0.** Utan mineralgödsel

**1.** NPK i förhållande till gröda.

½ N-giva, 1/1 PK-giva

**2.** NPK i förhållande till gröda.

1/1 N-giva, 1/1 PK-giva

TS = Torrsubstans

Både led med och utan slam har kombinerats med olika mängder mineralgödsel. Tillförseln har varit ingen (0), halv (½) respektive hel (1/1) giva av kväve i förhållande till vad som betraktas som normal gödsling för respektive gröda. Vid halv och hel kvävetillförsel har rekommenderad mängd av fosfor och kalium tillförts. Alla kombinationer mellan de olika mängderna av mineralgödsel och slam förekommer.

### Slammets kvalitet

Slammets kvalitet har under försöksperioden förbättrats avsevärt ur jordbrukssynpunkt. Alla tungmetallhalter har minskat i stor omfattning. Exempelvis är bly och kvicksilver numera nere i 10–20 procent av halterna från år 1981. Innehållet av växtnäring håller sig på en relativt jämn nivå genom åren.

Tabell 1. Jordanalyser på försöksplatserna 1981

| Försöksplats | pH  | Lättlöslig växtnäring* mg/100 g jord |      |     |    | 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

Tabell 2. Växtnäringsinnehåll i slam från Källbyverket som tillförts försöksplatsen Igelösa

| År   | TS,% | pH  | NH4-N | Tot-N | Tot P | Tot K | Ca  | Mg   |
|------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-----|------|
| 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  | 2,4   | 4,3   | 0,08  | 8,3 | 0,22 |
| 1993 | 23   | 7,6 | 0,5   | 2,7   | 3,8   | 0,1   | 3,4 | 0,20 |
| 1997 | 17   | 7,7 | 1,3   | 5,5   | 4,5   | 0,41  | 3,7 | 0,68 |
| 2001 | 24   | 7,3 | 1,3   | 4,0   | 4,1   | -     | 3,1 | -    |
| 2005 | 34   | 8,1 | 1,6   | 4,1   | 5,7   | 0,15  | 5,3 | 0,50 |
| 2009 | 22   | 8,0 | 2,1   | 3,6   | 2,7   | 0,18  | 2,6 | 0,37 |
| 2013 | 29   | 7,2 | 1,6   | 3,9   | 3,6   | 0,14  | 4,8 | 0,46 |

Tabell 3. Växtnäringsinnehåll i slam från Sjölundaverket som tillförts försöksplatsen Petersborg

| År   | TS,% | pH  | NH4-N | Tot N | Tot P | Tot K | Ca   | Mg   |
|------|------|-----|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 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 | 0,6   | 3,3   | 3,0   | 0,36  | 7,6  | 0,31 |
| 1993 | 27   | 7,8 | 1,0   | 3,5   | 2,7   | 0,10  | 3,6  | 0,30 |
| 1997 | 24   | 8,3 | 1,0   | 4,1   | 3,5   | 0,10  | 4,1  | 0,28 |
| 2001 | 23   | 8,2 | 1,4   | 4,8   | 3,0   | 0,12  | 3,0  | 0,31 |
| 2005 | 32   | 8,8 | 1,3   | 3,1   | 3,5   | 0,13  | 5,1  | 0,44 |
| 2009 | -    | 7,4 | 1,7   | 3,1   | 3,6   | 0,12  | 4,1  | 0,35 |
| 2013 | 24   | 6,0 | 1,1   | 3,8   | 4,3   | 0,26  | 3,5  | 0,50 |

Tabell 4. Metallinnehåll i slam från Källbyverket som tillförts försöksplatsen Igelösa

| År   | Bly Pb | Kadmium Cd | Koppar Cu | Krom Cr | Kviksilver Hg | Nickel Ni | Zink Zn | Silver Ag | Arsenik As | Bor Bor | Kobolt Co | Mangan Mn | Tenn Sn | Svavel Svavel |
|------|--------|------------|-----------|---------|---------------|-----------|---------|-----------|------------|---------|-----------|-----------|---------|---------------|
| 1981 | 162    | 3          | 1333      | 137     | 6,9           | 111       | 1037    | -         | -          | 10,7    | 11,1      | 296       | -       | -             |
| 1985 | 85     | 1,3        | 651       | 207     | 4,0           | 19        | 595     |           |            |         |           |           |         |               |
| 1989 | 59     | 1,7        | 1300      | 46      | 5,2           | 17        | 1100    | -         | 7,4        | 12      | 24        | 360       | -       | 14000         |
| 1993 | 60     | 1,9        | 1300      | 28      | 3,4           | 13        | 730     | -         | <13        | -       | 5,1       | 280       | -       | 11500         |
| 1997 | 64     | 1,9        | 1700      | 28      | 3,4           | 17        | 780     | -         | <10        | 43      | 6,3       | 240       | -       | 12000         |
| 2001 | 39     | 1,1        | 350       | 18      | 1,6           | 13        | 520     | -         | -          | -       | -         | -         | -       | -             |
| 2005 | 51     | 0,65       | 360       | 17      | 0,6           | 13        | 580     | 5,3       | 4,7        | 41      | 3,8       | 210       | 27      | 8600          |
| 2009 | 16     | 0,59       | 360       | 10      | 0,3           | 8,9       | 480     | 1,8       | 3,2        | 3,4     | 2,2       | 160       | 12      | 8700          |
| 2013 | 16     | 0,74       | 590       | 36      | 0,8           | 17        | 680     | 2,1       | 3,6        | 13      | 6         | 330       | 20      | 19000         |

Tabell 5. Metallinnehåll i slam från Sjölundaverket som tillförts försöksplatsen Petersburg

| År   | Bly Pb | Kadmium Cd | Koppar Cu | Krom Cr | Kviksilver Hg | Nickel Ni | Zink Zn | Silver Ag | Arsenik As | Bor Bor | Kobolt Co | Mangan Mn | Tenn Sn | Svavel Svavel |
|------|--------|------------|-----------|---------|---------------|-----------|---------|-----------|------------|---------|-----------|-----------|---------|---------------|
| 1981 | 180    | 3,5        | 1100      | 135     | 4,5           | 24,5      | 1000    | -         | -          | 8       | 3,5       | 260       | -       | -             |
| 1985 | 103    | 2,8        | 1028      | 406     | 2,4           | 25        | 747     | -         | -          |         |           |           | -       | -             |
| 1989 | 120    | 2,2        | 1300      | 49      | 3,7           | 25        | 810     | -         | <5         | 15      | 19        | 280       | -       | 19000         |
| 1993 | 75     | 1,7        | 1550      | 38      | 2,4           | 30        | 655     | -         | <11        | -       | 13        | 380       | -       | 12400         |
| 1997 | 82     | 3,1        | 2000      | 29      | 2             | 26        | 840     | -         | <10        | 22      | 15        | 340       | -       | 23000         |
| 2001 | 53     | 1,7        | 610       | 32      | 1,4           | 19        | 630     | 10        | <9,9       | <24     | 15        | 240       | 21      | 12100         |
| 2005 | 49     | 0,53       | 660       | 31      | 0,61          | 25        | 620     | 9,3       | 5,7        | 39      | 13        | 430       | 18      | 18800         |
| 2009 | 30     | 1,4        | 590       | 29      | 0,84          | -         | 800     | 0,43      | 4,3        | 6,9     | 4,0       | 290       | 10      | 15000         |
| 2013 | 17     | 0,89       | 360       | 28      | 0,98          | 16        | 680     | 2,6       | 5,3        | 16      | 4,1       | 280       | 24      | 12000         |

## Resultat och diskussion

### Grödor och skördar

På de båda försöksplatserna har vi följt gårdens växtföljd. Det innebär att de vanligaste grödorna har varit sockerbetor, vårkorn, höstraps och höstvetete, men det har också förekommit vårvete, havre, konservärter och odling av rödsvingelfrö.

Alla grödor uppvisar en skördeökning med slam-tillförsel. Detta framgår av tabell 6, där skördarnas storlek uttrycks som relativt för samtliga försöksled.

Tabell 6. Skördar uttryckt i relativtal för samtliga försöksled och grödor

| Antal försöks-<br>skördar | 10    | 18       | 18       | 14     | 2           | 2          | Vägt medeltal |     |     |
|---------------------------|-------|----------|----------|--------|-------------|------------|---------------|-----|-----|
|                           | Gröda | Höstraps | Höstvete | Vårsäd | Sockerbetor | Konservärt | Rödsvingel    | Ig  | Pe  |
| A0                        | 48    | 41       | 50       | 59     | 82          | 55         | 55            | 43  | 50  |
| B0                        | 57    | 48       | 56       | 68     | 97          | 60         | 59            | 52  | 58  |
| C0                        | 61    | 62       | 64       | 72     | 100         | 88         | 63            | 53  | 67  |
| A1                        | 86    | 81       | 80       | 88     | 92          | 76         | 78            | 86  | 83  |
| B1                        | 95    | 87       | 85       | 89     | 97          | 88         | 83            | 94  | 88  |
| C1                        | 93    | 91       | 90       | 91     | 94          | 99         | 86            | 90  | 91  |
| A2                        | 100   | 100      | 100      | 100    | 100         | 100        | 100           | 100 | 100 |
| B2                        | 109   | 101      | 104      | 102    | 104         | 107        | 105           | 106 | 104 |
| C2                        | 107   | 104      | 107      | 104    | 102         | 111        | 107           | 108 | 106 |

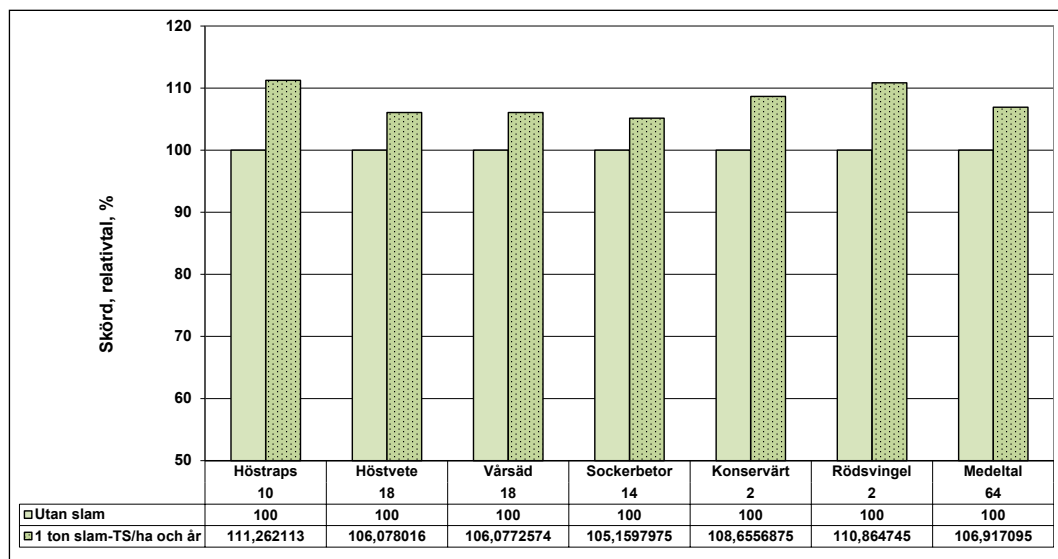


Diagram 1. Skördeeffekt på olika grödor 1981–2014. Relativtal, %.  
 Utan slam = medeltal av de försöksled som inte tillförts slam, dvs. A0, A1 och A2.  
 1 ton slam-TS/ha och år = medeltal av försöksleden B0, B1 och B2.

Jämförelserna är gjorda som ett medeltal mellan de led som inte fått något slam alls (A0, A1, A2) under perioden och de försöksled som fått i genomsnitt 1 ton slam-TS/ha och år (B0, B1, B2).

Tabell 7. Skördeökning i kr/ha och år i de olika grödorna. 2015 års prisnivå

|               | Antal försöksskördar | Jämförda försöksled |       |                              |
|---------------|----------------------|---------------------|-------|------------------------------|
|               |                      | B0-A0               | B2-A2 | Mt (B0,B1,B2) - Mt(A0,A1,A2) |
| Höstraps      | 10                   | 955                 | 989   | 988                          |
| Höstvete      | 18                   | 517                 | 106   | 356                          |
| Vårsäd        | 18                   | 435                 | 334   | 274                          |
| Sockerbetor   | 14                   | 1556                | 426   | 722                          |
| Konservärt    | 2                    | 1242                | 369   | 678                          |
| Rödsvingelfrö | 2                    | 523                 | 617   | 776                          |
| Vägt medeltal |                      | 812                 | 402   | 535                          |

Beroende på hur man gör jämförelsen så har slammet ett värde, i form av skördeökning, på runt 500 kr/ha. Skulle man räkna enbart vad fosfor är värd i ett ton slam-TS, och anta att fosforeffekten är 75 procent och fosforpriset är 21 kr per kg blir värdet av detta ca 600 kr per hektar. Med dagens regler får endast 22 kg fosfor spridas per hektar och år och då blir värdet ca 350 kr per hektar och år.

### Ingen ökning av metaller i grödan

Ett knappt tjugotal av metaller har årligen analyserats i både gröda och jord. Vad det gäller halter i skördade produkter kan man konstatera att ingen metall tas upp i de ätliga delarna i ökad omfattning för att man tillför slam. Inte ens vid trefaldig tillförsel. I diagram 2–3 exemplifieras detta med resultat för kadmium och koppar från försöksplatsen Igelösa.

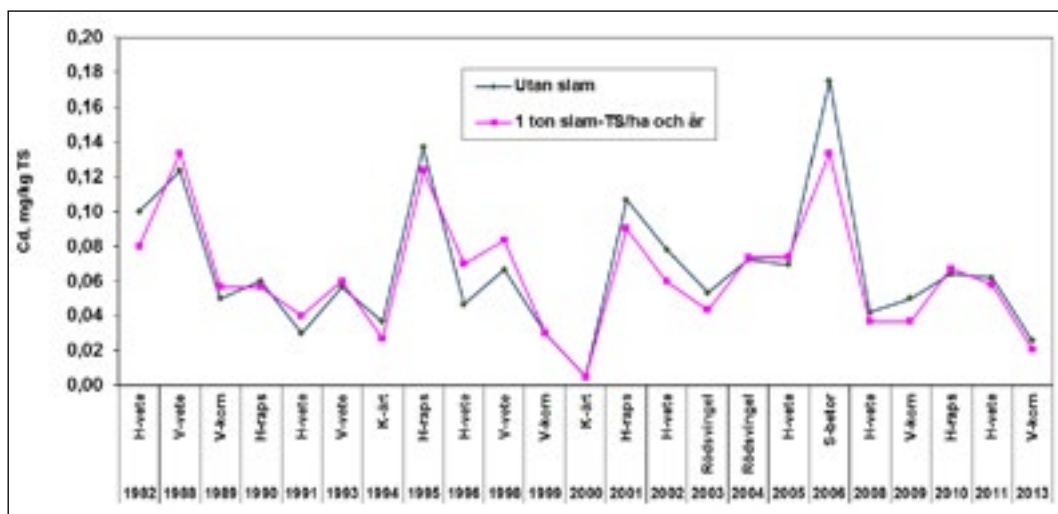


Diagram 2. Igelösa. Skördeprodukternas innehåll av kadmium, mg/kg TS.

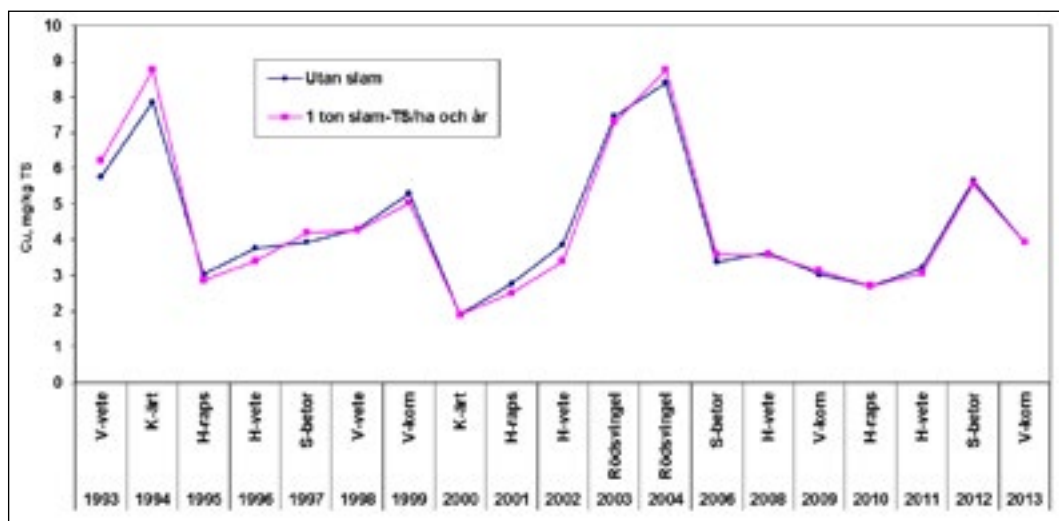


Diagram 3. Igelösa. Skördeprodukternas innehåll av koppar mg/kg TS.

### Slammet är ett gott fosforgödselmedel

Från och till har det ifrågasatts om slammets fosfor blir tillgängligt för grödan. Fosfors tillgänglighet för grödan mäts traditionellt med hjälp av P-AL-talen i jorden. Ju högre P-AL-tal, desto mer växttillgänglig fosfor. I dessa försök visas tydligt att den med slammet tillförda fosfor är växttillgänglig. Se exempel från Igelösa i diagram 4.

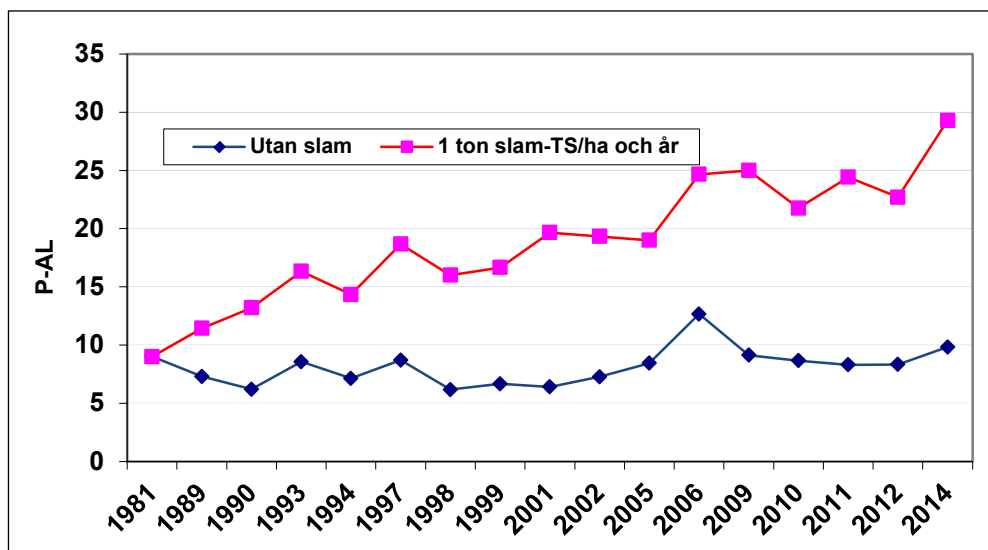


Diagram 4. Utveckling av fosfortalen, P-AL, på försöksplatsen Igelösa.

## Slammet ökar mullhalten

Rubriken kan vara vilseledande. Den positiva effekten av slammet är om man jämför med alternativen att inte använda slam eller att enbart använda handelsgödsel. På Igelösa lyckas man dock inte upprätthålla den relativt höga mullhalt där råder, men man har högre mullhalt än de andra gödselalternativen.

På Petersborg, där ingångsvärdena för mullhalt är betydligt lägre, under två procent, höjer man mullhalten redan vid den låga tillförseln av slam och självklart i än högre grad vid högre giva. Se diagram 5–6.

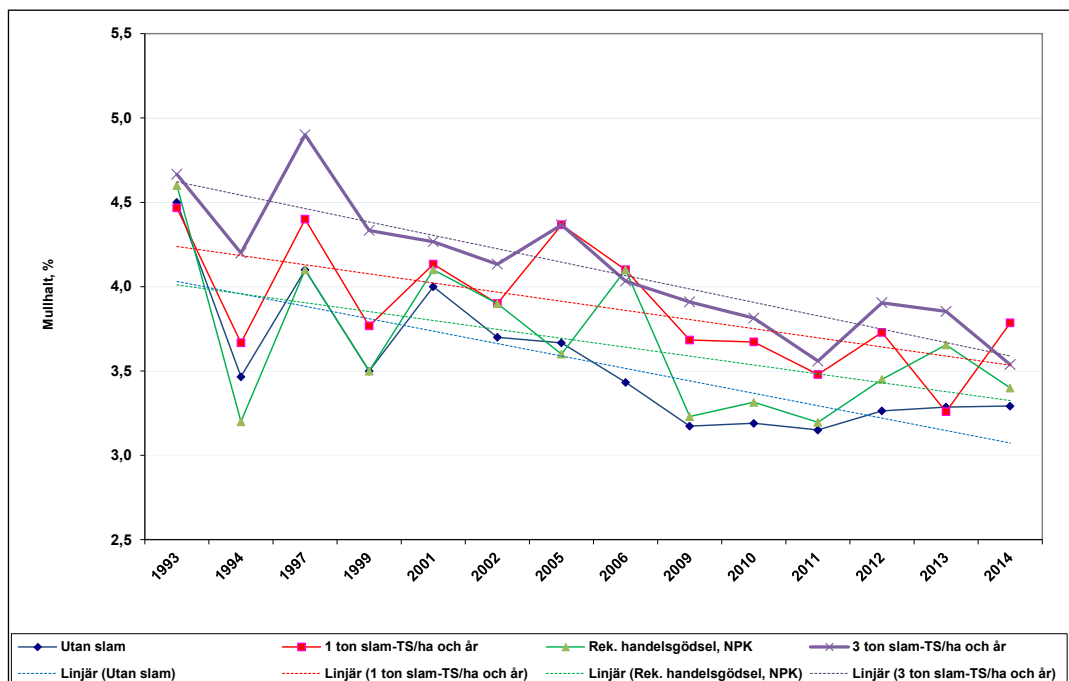


Diagram 5. Mullhaltsutveckling Igelösa

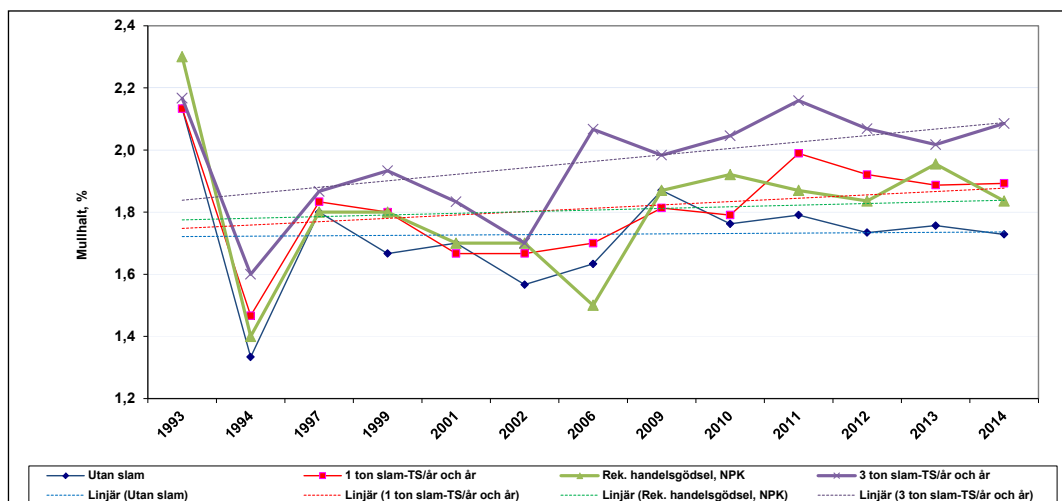


Diagram 6. Mullhaltsutveckling Petersborg

### Kvävehalten ökar i marken

Tidigt på våren har i försöksleden A0 och C0 tagits prov för analys av kväve (ammonium- och nitratkväve), ner till ett djup av 60 cm. Detsamma har gjorts sent på hösten före vinterns inträde. Som exempel visas markens kväveprofil för vårprovtagning i diagrammen 7 och 8.

Vid vårprovtagningarna finns det i genomsnitt för de senaste fem åren 11 respektive 6 kg mer kväve i slamgödslat led än i icke slamgödslat vid Igelösa respektive Petersborg. Vid höstprovtagningen finns i genomsnitt ca 10 respektive 2 kg mer kväve i slamgödslat led än i icke slamgödslat vid Igelösa respektive Petersborg.

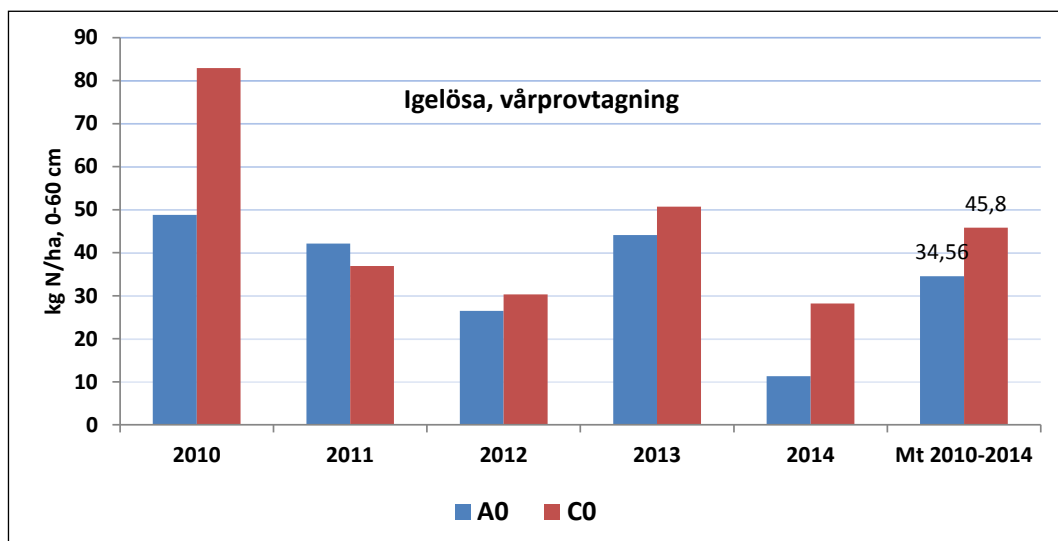


Diagram 7. N-profiler Igelösa, vårprovtagning åren 2010–2014 och medeltal för dessa år.

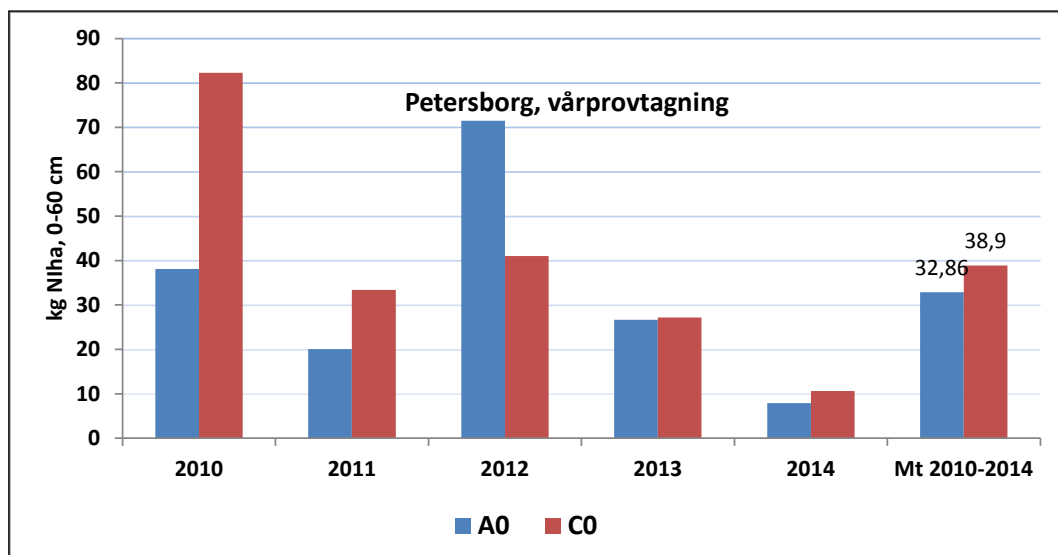


Diagram 8. N-profiler Petersborg, vårprovtagning åren 2010–2014 och medeltal för dessa år.



## Metaller i marken

Liksom för analys av markens innehåll av växtnäring har omfattande provtagning skett av matjorden för analys av metaller. Resultatet av jämförelsen redovisas i diagram 9–13. Kommentarer under respektive diagram avser slamtillförselns påverkan på halterna av metaller. När det nämns statistiskt säkra skillnader så avses analys

vid senaste analysstillfället 2014 om inget annat anges.

Följande diagram ska ses som exempel på hur halterna av metaller påverkar markens metallhalt. För övriga analyserade metaller finns inga skillnader beroende av slamtillförsel.

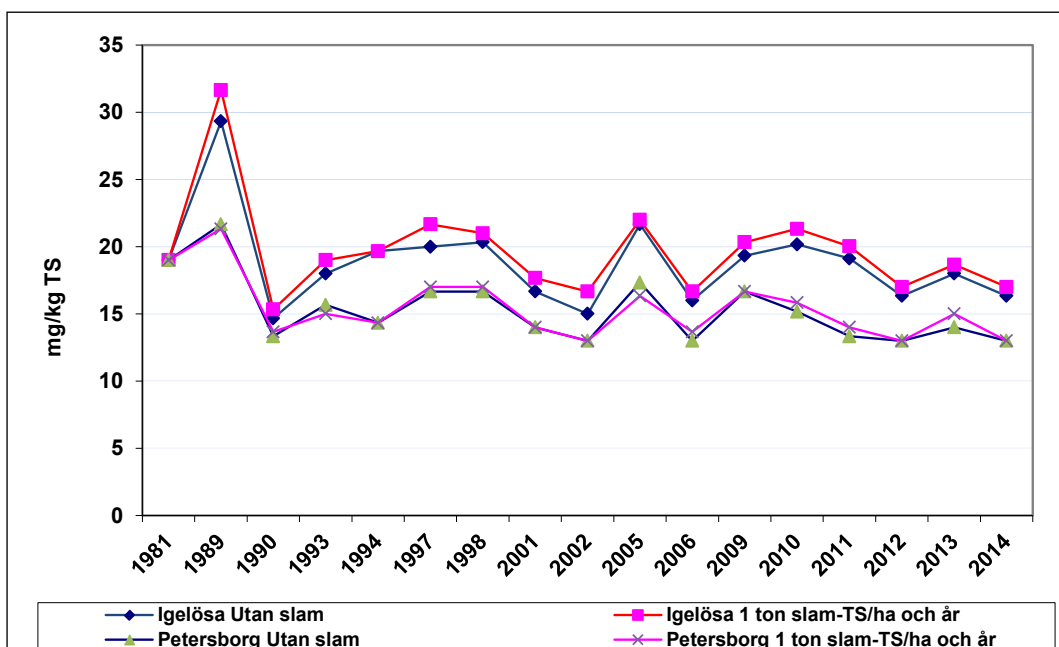


Diagram 9. Matjordens innehåll av bly.

Det föreligger ingen statistiskt signifikant skillnad mellan slamgödslade och icke slamgödslade led, med undantag för 2014 på Igelösa och 2013 på Petersborg där det finns en tendens till något högre värden i slamgödslade led.

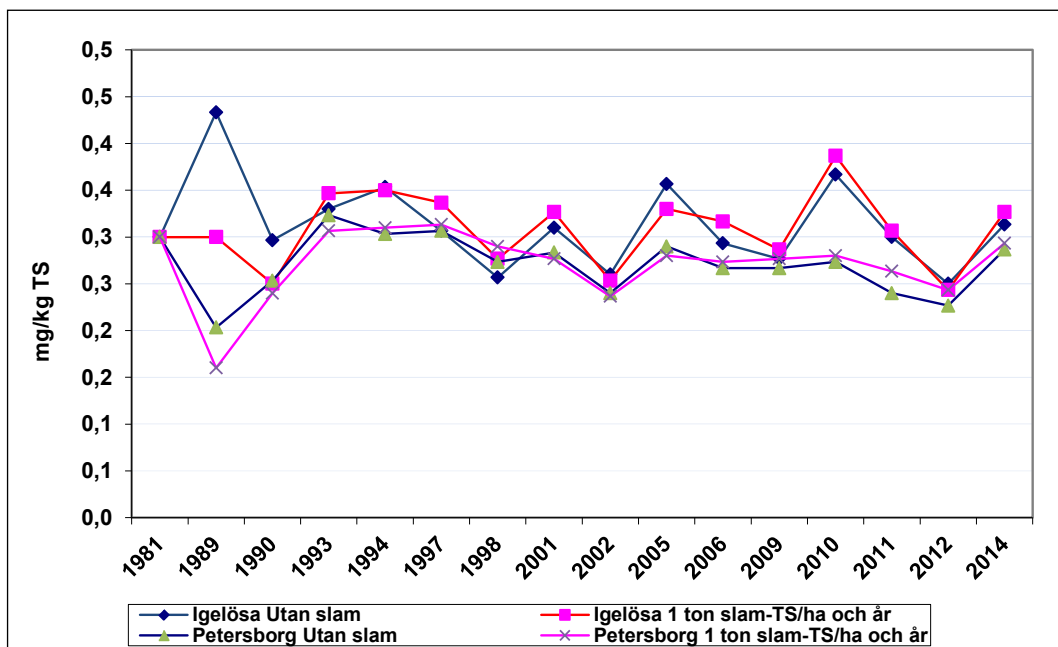


Diagram 10. Matjordens innehåll av kadmium.

Det finns ingen signifikant skillnad mellan slamgödslade och icke slamgödslade försöksled i Igelösa. I Petersborg föreligger år 2012 och 2013 en signifikant skillnad i kadmiumhalt mellan

slamgödslade och icke slamgödslade försöksled. År 2012 är det ett utslag för ökad kadmiumhalt i de mineralgödslade försöksleden. Alla skillnader är dock små.

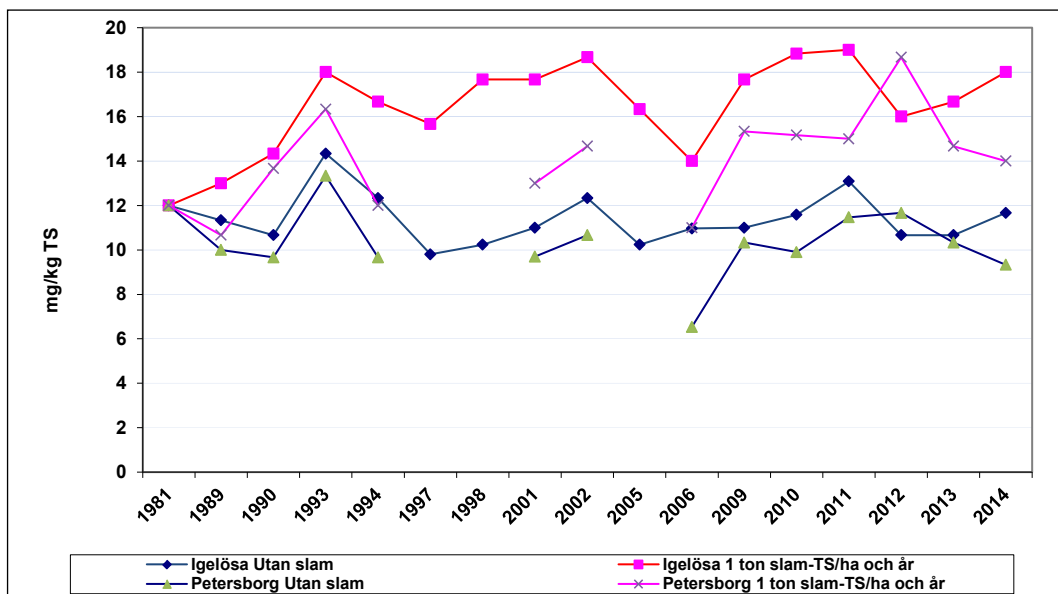


Diagram 11. Matjordens innehåll av koppar. På grund av analysfel saknas värden på Petersborg för åren 1997, 1998 och 2005.

Från sekelskiftet har kopparhalterna i slammet sjunkit väsentligt. Det föreligger en signifikant skillnad i kopparhalt mellan slamgödslade och

icke slamgödslade försöksled på båda försöksplatserna.

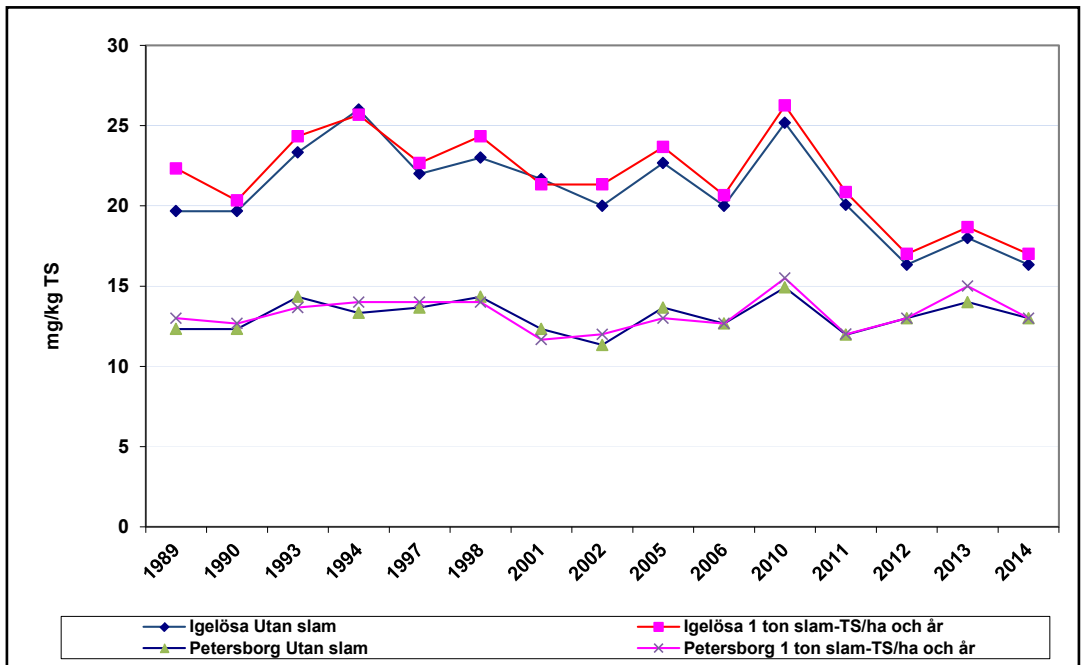


Diagram 12. Matjordens innehåll av krom. Analysvärden saknas för startåret 1981.

Det finns ingen statistiskt signifikant skillnad i kromhalten mellan slamgödslade och icke slam-

gödslade försöksled på någon av de båda försöksplatserna.

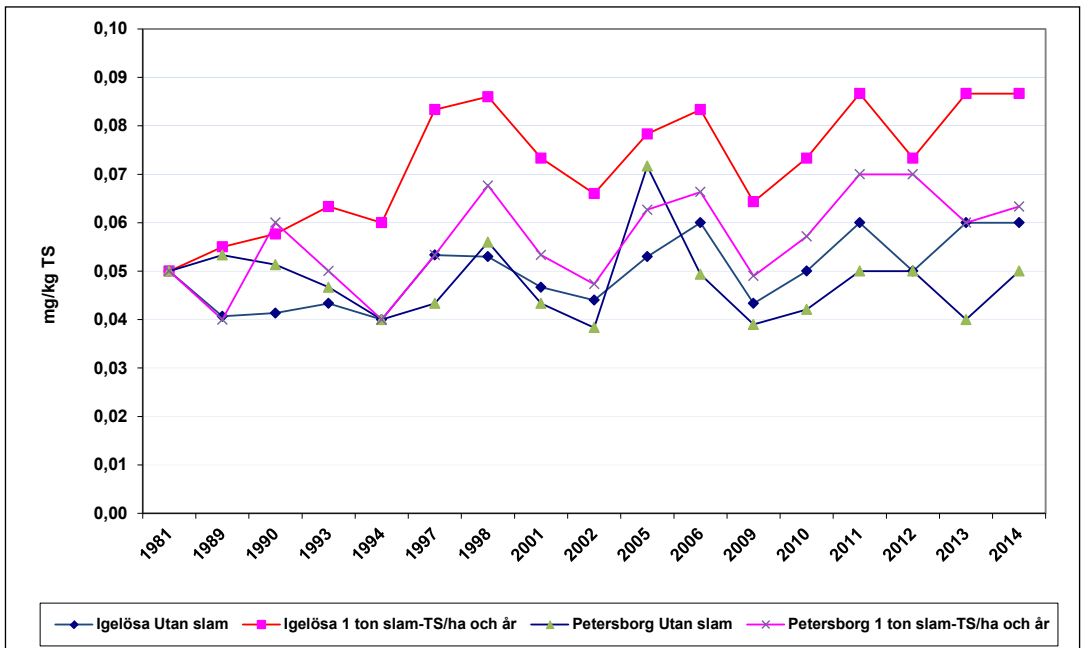


Diagram 13. Matjordens innehåll av kvicksilver.

Det föreligger en statistiskt signifikant skillnad i kvicksilverhalt i matjorden mellan slamgödslade

och icke slamgödslade försöksled på båda försöksplatserna.