

## Metoder för minskat fosforläckage och ökat växtnäringsutnyttjande vid användning av flytgödsel

*Helena Aronsson, Erik Ekre, Eva Salomon, Jian Liu och Gunnar Torstensson*

### Bakgrund

Det övergripande målet med SLF:s satsning på fosforforskning under 2009-2014 är att bidra till ökad uthållighet i det svenska jordbruket genom ett ökat fosforutnyttjande på gårdar och genom minskat bidrag till övergödningens problemen. Frågor kring hantering och spridning av stallgödsel är mycket centrala i detta sammanhang. Stallgödseln påverkar fosforhushållning och risken för fosforförluster både långsiktigt, genom uppbyggnad av markens fosforinnehåll, och kortsiktigt, genom direkta förluster.

I detta projekt undersöktes både lång- och kortsiktiga effekter på fosforutlakning i samband med spridning av flytgödsel från svin och nöt, samt möjligheter att minska utlakningsrisken genom val av tidpunkt och teknik för spridning. Det övergripande målet var att främja arbetet med ett effektivt utnyttjande på gården av stallgödselns kväve och fosfor.

Mer specifikt avsåg vi svara på följande frågor:

- 1) Vad betyder långvarig tillförsel av stallgödsel för läckaget av fosfor från matjorden?
- 2) Hur stor risk innebär enstaka gödselgivor för fosforläckage från olika jordar?
- 3) Kan fosforläckaget minskas genom anpassning av spridningstidpunkt och genom myllning av stallgödseln?
- 4) Hur ser fosforläckaget ut från vanliga produktionssystem med slaktsvin eller mjölkkor och vilka åtgärder ska prioriteras för att maximera växtnäringsutnyttjandet och minimera fosfor- och kväveutlakningen?

### Material och metoder

I projektet studerades ovanstående frågeställningar i två skalor; detaljerade studier i matjordskolonner på lab (delprojekt 1 och 2) respektive fältstudier i specialdränerade försöksrutor (delprojekt 3). Matjordskolonnerna togs ut från försöksfältet på mellanlera, som användes i delprojekt 3, samt även från försöksfältet på mojord vid Mellby samt Lilla Böslid. Försöksytorna som representerade olika givor stallgödsel sett över en längre tid utvaldes. I matjordsstudierna studerades inverkan av odlingshistoria (delprojekt 1) samt enstaka givor av flytgödsel och mineralgödsel, med och utan myllning (delprojekt 2). I fältstudien, som representerade realistiska förhållanden, inkluderades odlingsystemets, klimatets och hela jordprofilens inverkan på transporten av fosfor till dräneringsledningarna. Försöksfältet, beläget vid Hushållningssällskapets gård Lilla Böslid i Halland, anlades 2008 och erbjöd nya möjligheter att bredda kunskapen kring jordartens betydelse för läckagerisken. Det består av mellanlera, en vanligt förekommande jordtyp som inte tidigare studerats i utlakningssammanhang.

Tabell 1. Översikt över projektets delstudier

Delprojekt	Jord	Behandling	Frågeställning
<b>Matjordsstudier</b>			
1	Mojord (Mellby) med olika fosfornivåer till följd av odlingshistorien	Läckage före och efter tillförsel av svinflytgödsel (22 kg P/ha): *Lilla Böslid min-P sedan lång tid *Mellby min-P, 22 kg P/ha sedan 1983 *Mellby flytgödsel, 30 kg P/ha sedan 1983 *Mellby flytgödsel, 44 kg P/ha sedan 1983	Betydelsen av långvarig tillförsel av stallgödsel för läckaget av fosfor från matjorden, skiljt från enstaka givors inverkan
2	Mojord och mellanlera vid Lilla Böslid. Ingen stallgödsel på 20 år	Läckage före och efter tillförsel av svinflytgödsel (30 kg P/ha) eller mineralgödsel, med och utan myllning.	Enstaka flytgödselgivors inverkan på läckagerisken från olika jordar, och hur den påverkas av myllning
<b>Fältförsök</b>			
3	Mellanlera, Lilla Böslid	Svinväxtföljd med ettåriga grödor  Nötväxtföljd med flerårig vall	Utlakningsnivåer/risker för två vanliga djurhållande system kopplade till gröda, tidpunkt för gödsling och myllning

Tabell 2. Jordarnas textur (%), kolhalt (%), fosfortillstånd (mg/kg) och fosformättnadsgrad, DPS-AL(%). Alla värden gäller matjorden

	Lera	Mo/ mjäla	Sand	Tot-C	P-AL	DPS-AL
Lilla Böslid mellanlera (delprojekt 2 och 3)	29	43	28	2.2	65	17
Lilla Böslid,mo (delprojekt 1 och 2)	7	5	88	2.5	140	21
Mellby min-P 22 kg P 1983- (delprojekt 1)	6	10	84	2.4	240	34
Mellby, flytg. 30 kg P 1983- (delprojekt 1)	6	10	84	2.6	220	32
Mellby flytg. 44 kg P 1983- (delprojekt 1)	6	10	84	3.1	280	42

### Matjordsstudierna

För labstudierna i delprojekt 1 och 2 uttogs ostörda kolonner av matjord hösten 2009, 20 cm i diameter, med hjälp av frontlastare. Kolonnerna fraktades till Uppsala och studierna utfördes sedan i en specialbyggd bevattningsanläggning på lab. Anläggningen beskrevs närmare av Liu et al. (2012a). Båda studierna genomfördes med fyra replikat och enligt samma princip, med bevattning och uppsamling av dräneringsvatten före och efter tillförsel av gödsel. Kolonnerna bevattades med en intensitet av 9 mm/h i sammanlagt 8-10 omgångar, vilket resulterade i en total avrinning av 70-80 mm och 8-10 vattenprov/kolonn. Vattnet analyserades med avseende på olika fosforfraktioner (totalfosfor, löst reaktiv fosfor, löst totalfosfor). Efter den första bevattningsomgången och tillförseln av gödsel placerades kolonnerna i kylrum under 14 dagar för att jämviktas inför efterföljande bevattning. De olika jordarna analyserades med avseende på innehåll av ammoniumlaktatlöslig (-AL) fosfor (lättillgänglig fosfor), järn och aluminium.

### Fältförsöket

Försöksfältet på mellanleran vid Lilla Böslid består av 36 specialdränerade rutor fördelade på 4 block. Försöksplanen 2010-2012 bestod av tre delar (alla med 4 upprepningar); två kontroller, en 3-årig växtföljd med vall och tillförsel av nötflytgödsel samt ett system med vårsäd varje år (vårkorn under 2010 och havre under 2011) och olika behandlingar med svinflytgödsel. Alla behandlingar fanns med varje år och roterade på rutorna, förutom kontrolleren som låg fast (tabell 3). Alla led plöjdes i november (18-23/11) förutom de med växande vall över vintern.

Stallgödseln tillfördes alltså vid olika tidpunkter i de båda växtföljderna. Den doserades efter mängden fosfor, där målgivan var 20 kg P/ha. I efterhand kan det konstateras att den blev mindre vid flera tillfällen och ibland större (figur 3). Kvävegivan med kompletterande handelsgödsel anpassades efter gödselns ammoniuminnehåll och justerades efter förväntad kväveeffektivitet hos gödseln. Vid spridning på hösten i led E förväntades exempelvis en kväveeffektivitet motsvarande 25% av ammoniumkvävet i gödseln för grödans kväveförsörjning efterföljande år, dvs led F. Vid vårspriden myllad gödsel räknades med en kväveeffektivitet på 90% av ammoniumkvävet.

Prover av dräneringsvatten uttogs flödesproportionellt (ca 15 st/år) och analyserades med avseende på partikulär och löst fosfor, samt med avseende på nitrat- och totalkväve. Kväveanalyserna bekostades med egna medel. Förutom skördeprover provtogs höstväxande grödor på senhösten för analys av mängd torrsubstans och näringsinnehåll. Jordprover uttogs tre gånger per år för analys av mineralkväve, vilket också bekostades med egna medel. Statistisk utvärdering gjordes med programmet SAS (mixed procedure).

*Tabell 3. Kontrollad och försöksled i fältförsöket vid Lilla Böslid. Alla led plöjdes i november utom G och H (växande vall). Målgivan av fosfor var 20 kg P/ha*

Led	Mineralgödsel	Flytgödsel
<i>Kontrollad</i>		
A Korn/havre	Mineral-N, ej P	-
B Korn/havre	Mineral-N +Mineral-P	-
<i>Odlingssystem med svinflytgödseltillförsel</i>		
C Korn/havre	Mineral-N på våren	Svinflyt före sådd, nedharvning
D Korn/havre	Mineral-N på våren	Svinflyt efter sådd på ytan
E Korn/havre	Mineral-N och -P på våren	Svinflyt på stubben i okt
F Korn/havre	Mineral-N på våren	(svinflyt hösten före i E)
<i>Odlingssystem med nötflytgödseltillförsel</i>		
G vårsäd+ins	Mineral-N på våren	Nötflyt före sådd, nedharvning
H vall I	Mineral-N 3 ggr,	Nötflyt på ytan i okt
I vall II	Mineral-N 3ggr,	Nötflyt i juni

## Resultat

### *Ny jord med nya erfarenheter om utlakning*

Försöksfältet är en värdefull referens för utlakningsnivåer på en jordtyp som är vanlig i hela Sverige, och som inte tidigare undersökts beträffande utlakning. De första årens resultat visar att både kväveutlakningen, men främst fosforutlakningen, ser annorlunda ut jämfört med från mojorden vid Mellby försöksfält ett par mil söderut (tabell 4), där stallgödselns inverkan på utlakning av kväve och fosfor studerats under många år. Fosforutlakningen från det nya mellanlerafältet var under vissa förhållanden betydande, och i medeltal något högre än vad som räknas som medelläckage från Sveriges åkermark (0.5 kg/ha). Från mojorden var motsvarande siffra betydligt lägre, ca 0.1 kg/ha, trots betydligt högre halter av fosfor i jorden. I lab-studierna relaterades dessa skillnader främst till att vattnet rör sig snabbt i större sprickor och porer på mellanleran och för med sig löst och partikelbunden fosfor. På mojorden infiltrerar vattnet mer jämnt, och fosfor binds till järn- och aluminiumoxider som förekommer i riklig mängd i alven på denna jord. Kvävet som inte binds till markpartiklarna

tvättas däremot effektivt ut på mojord, vilket erfarits vid Mellbyfältet. På mellanleran var kväveförlusterna till dräneringsvattnet mindre, men plöjningen gjordes också senare (november) än i jämförelseleden från Mellby (september-oktober).

Som framgår av tabell 4 rådde också en avrinningskillnad mellan de två platserna, vilket sannolikt beror på att olika andelar av det avrinnande vattnet fångades upp av dräneringsledningarna. På mojorden underskattades troligen läckaget från rotzonen en del, medan man på mellanleran verkade fånga upp merparten av det vatten som lämnade 90 cm djup. Avrinningen var riklig under de två försöksåren som här avrapporteras. Fältet verkar fungera bra för utlakningsstudier. Särskilt för fosfor bedömer vi att odlingsåtgärders inverkan på läckaget från matjorden kan ge en respons via mätningar i dräneringssystemet.

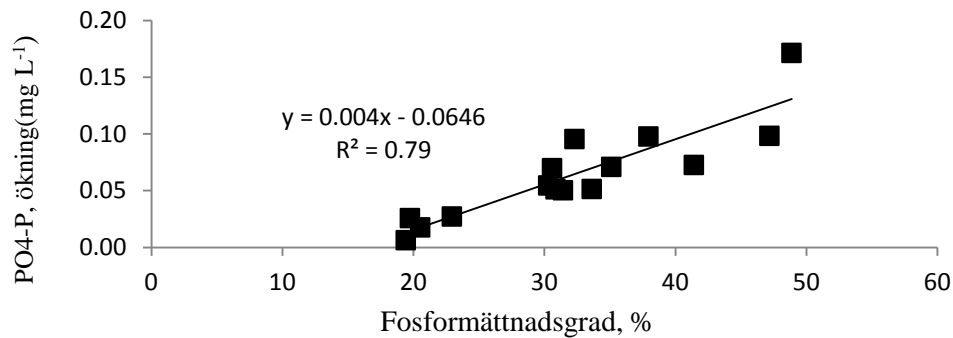
*Tabell 4. Medelvärden av två års utlakningsresultat från mellanleran vid Lilla Böslid i jämförelse med mojord vid Mellby försöksfält. Medelvärdena avser försöksrutor (9 st vid Mellby och 12 st vid Lilla Böslid) med vårsäd och tillförsel av fosfor med mineralgödsel eller flytgödsel på våren*

	Avrinning mm/år	Konc. i dr.vattnet mg/l		Utlakning kg/ha	
		Tot-P	Tot-N	Tot-P	Tot-N
Lilla Böslid	410	0.13	4.0	0.57	17
Mellby	290	0.04	8.3	0.13	28

#### ***Långsiktiga effekter av stallgödseltillförsel på risken för fosforläckage, delprojekt 1***

Det är allmänt känt att markens fosforinnehåll har betydande inverkan på mängden utlakningsbart fosfor, särskilt då markens mättnadsgrad av fosfor ökar (Heckrath et al., 1995; Schoumans & Groenendijk, 2000). Trots att markens fosforinnehåll är stort i mojorden vid Mellby (tabell 2), finns en kapacitet i alven att binda fosfor. Det visade både mätningarna i dräneringsvattnet och en utvärdering av Mellbys långa tidsserier som gjordes med hjälp av fosformodellen ICECREAM (Liu m.fl., 2011). För att belysa hur det potentiella läckaget från matjorden påverkats av stallgödseltillförsel under 1983-2006 vid Mellby försöksfält genomfördes delprojekt 1. Matjordskolonner från led med två nivåer av stallgödseltillförsel samt led med enbart handelsgödseltillförsel undersöktes. Gödslingsbehandlingarna vid Mellby avbröts under perioden 2006-2010, vilket innebar att ingen gödsel hade tillförts under tre säsonger innan kolonnerna togs ut. Eftersom Mellbyjorden sannolikt stallgödslats under många decennier före försöksstarten användes också mojord vid Lilla Böslid, som har ett betydligt lägre fosforinnehåll och lägre mättnadsgrad (tabell 2).

Resultaten visade, som förväntat, att fosforutlakningen från matjorden hängde samman med gödslingsnivå och fosformättnadsgrad. Den jord som gödslats med stora stallgödselgivor under 1983-2006 hade störst fosforläckage, och detta gav större utslag än en engångsgiva av flytgödsel. Jorden från Lilla Böslid hade betydligt lägre fosforinnehåll, och också mindre potentiellt läckage. Efter en engångsgiva av flytgödsel på lab (motsvarande 22 kg/ha) ökade fosforläckaget något, och vi kunde bidra med kunskapen att det inte bara fanns ett samband mellan fosformättnadsgrad och läckage, utan också mellan mättnadsgrad och den ökning av fosforläckaget som observerades efter en enstaka giva, figur 1 (Liu m fl, 2012a).

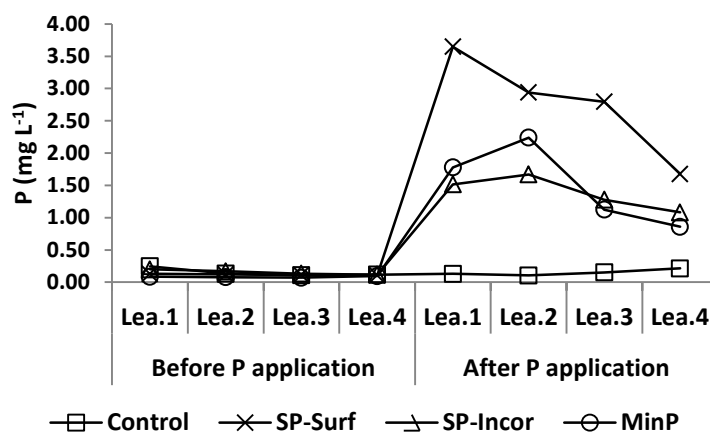


Figur 1. Samband mellan ökning av fosforläckage från matjorden efter en flytgödselgiva och markens fosformättnadsgrad (delprojekt 1). Från Liu et al. (2012a).

### Jordartens och spridningsteknikens betydelse för läckagerisken, delprojekt 2

I delprojekt 2, studerades jordartens betydelse för fosforläckaget från matjorden efter tillförsel av flytgödsel och handelsgödsel motsvarande 30 kg P/ha. Mojorden vid Lilla Böslid jämfördes med mellanleran från fältförsöket (delprojekt 3). Jordarten visade sig ha mycket stor betydelse för det potentiella läckaget. Mellanleran representerar en jordtyp med potentiellt stor risk för fosforutlakning i samband med gödsling med mineralgödsel och flytgödsel. Utlakningen var något större efter tillförsel av flytgödsel än efter mineralgödsel, trots att samma mängder fosfor tillfördes. Förklaringen till jordens beteende är mest troligt att det finns snabba flödesvägar nedåt i marken (Liu m fl, 2012b) genom en utvecklad struktur av större porer eller sprickbildning. För mojorden ökade inte läckaget alls efter tillförsel av flytgödsel eller mineralgödsel på markytan. I likhet med vad som kommit fram i andra studier kunde vi konstatera att mojorden vid Lilla Böslid, som har ett avsevärt, men ändå måttligt innehåll av lättillgänglig fosfor inte utgör någon riskjord vad gäller fosforläckage efter spridning av stallgödsel.

Resultaten visade också att myllning av gödseln är viktigt på jordar med riskbeteende, som just vår mellanlera, figur 2. I labstudien, där gödseln myllades grundligt i jordens översta skikt (1 cm) för att öka fosforinbindningen, minskade läckaget av totalfosfor med 50% och löst fosfor med 64%. Liknande resultat har framkommit i exempelvis danska studier av samma typ (Glæsner et al., 2011).

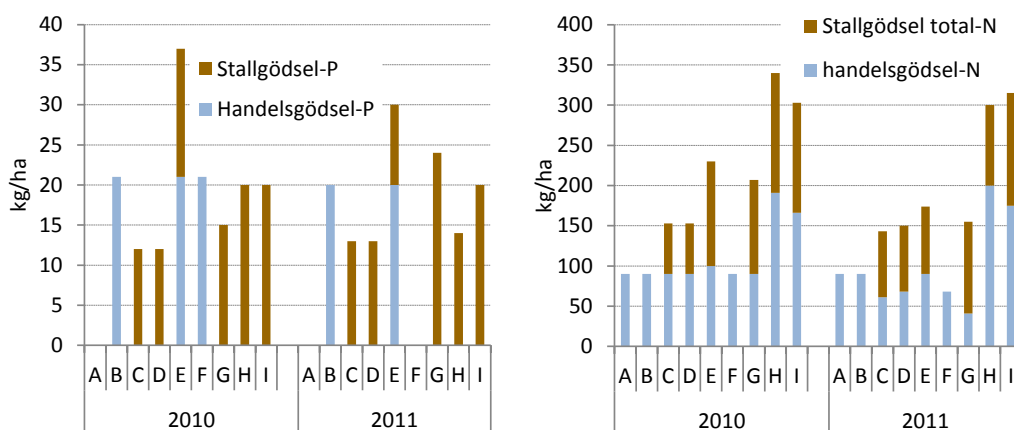


Figur 2. Läckage i matjordskolonner före och efter tillförsel av svinflytgödsel eller mineralgödsel. Control=ingen gödsel, SP-surf= svinflyt på ytan, SP-incor= svinflyt som myllades, MinP=mineralgödsel på ytan. Från Liu et al.(2012b)

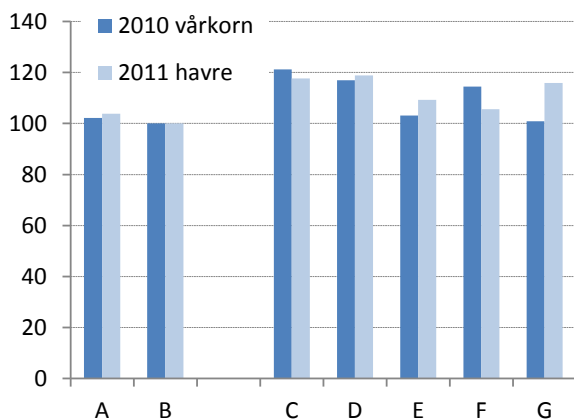
### Fältförsöksstudier av odlingssystem, delprojekt 3

#### De två odlingssystemen

Växtföljderna i de båda djurhållningssystemen skiljde sig åt genom att nötväxtföljden dominerades helt av vall (tabell 3). Vårsäd med vallinsådd följdes av tvåårig vall som plöjdes ca 20 november inför insådd av ny vall efterföljande år. I systemet med svinflytgödsel odlades vårsäd varje år, och plöjning gjordes även där i slutet av november. Vårkornet under 2010 avkastade i medeltal 6200 kg ts/ha och havren under 2011 i medeltal 5000 kg ts/ha. Vallarna skördades 3 gånger med en totalskörd på 11,2-11,5 ton ts/ha. Led C och D, med flytgödseltillförsel på våren, gav störst avkastning och 10-20 kg/ha större mängd skördat kväve än leden med enbart mineralgödsel (A, B och E), men skillnaderna var inte signifikanta (figur 4). Dessa led fick också större totalmängder kväve med gödsel (figur 3).



Figur 3. Givor av fosfor och kväve med mineral- och flytgödsel. I led E gavs flytgödseln på hösten till led F. Genom att försöket startades 2010 gavs ingen flytgödsel hösten 2009, och led F gödslades med mineral-P på våren.



Figur 4. Relativa skördar av stråsåden

Metoden med bevattning på labb representerar på sätt och vis s.k. ”worst-case”-förhållanden genom det direkta läckaget från matjorden, utan alvens buffrande inverkan, med gödsling, följt av kraftig bevattning. Vad kunde då avläsas i fält under realistiska gödslingsförhållanden, och vilka åtgärder kan rekommenderas för att begränsa kväve- och fosforläckaget samtidigt som näringen i stallgödseln utnyttjas effektivt?

Tabell 5. Årsvärden av avrinning (mm), dräneringsvattenkoncentrationer (mg/l) och utlakning (kg/ha) av kväve och fosfor

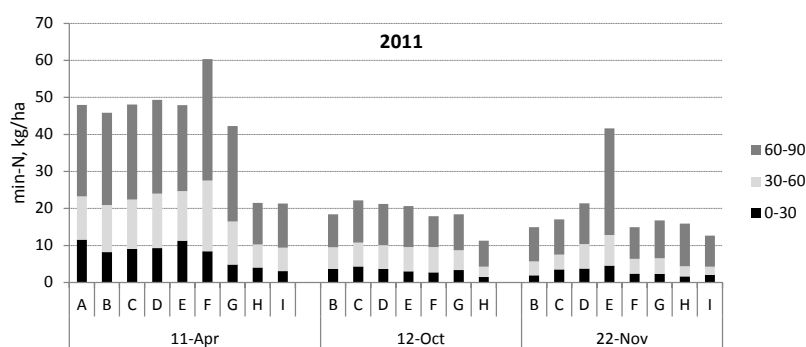
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Spridning av flytgödsel	Min-P	0P	Svin vår myllad	Svin vår ytan	Svin höst på stubb	-	Nöt vår myllad	Nöt höst på vall	Nöt juni på vall
<b>2010/2011</b>									
Avrinning	365	449	364	352	360	326	366	288	417
<i>Koncentration</i>									
PO <sub>4</sub> -P	0.019	0.030	0.019	0.016	0.033	0.018	0.029	0.102	0.026
Tot-P	0.12	0.15	0.10	0.10	0.15	0.094	0.10	0.24	0.11
Tot-N	5.1	4.4	5.1	6.3	7.0	5.8	2.8	2.6	2.6
<i>Utlakning</i>									
PO <sub>4</sub> -P	0.068	0.14	0.068	0.060	0.12	0.056	0.11	0.29	0.11
Tot-P	0.43	0.71	0.36	0.34	0.58	0.31	0.37	0.68	0.44
Tot-N	18.5	19.0	18.6	22.1	24.5	18.4	10.5	7.6	10.6
<b>2011/2012</b>									
Avrinning	399	482	401	423	378	449	481	433	414
<i>Koncentration</i>									
PO <sub>4</sub> -P	0.017	0.030	0.021	0.020	0.050	0.024	0.032	0.10	0.036
Tot-P	0.19	0.19	0.16	0.11	0.15	0.13	0.13	0.19	0.14
Tot-N	3.5	3.1	3.7	3.6	5.6	3.4	2.5	1.1	2.5
<i>Utlakning</i>									
PO <sub>4</sub> -P	0.064	0.15	0.085	0.084	0.19	0.11	0.16	0.43	0.16
Tot-P	0.19	0.19	0.16	0.11	0.15	0.13	0.13	0.19	0.14
Tot-N	14.2	14.9	14.6	15.2	20.9	15.2	12.2	4.9	10.6

Effekt av myllning av flytgödsel jämfördes i led C och D i svinväxtföljden, där flytgödsel tillfördes på våren till vårsäd, med nedharvning i led C före sådd och på markytan i led D efter sådd. Behandlingsskillnaderna påverkade inte skörden, och inte heller kväve- och fosforläckaget vare sig i inomårsmark eller vid jämförelse av årliga värden (tabell 5). Avrinningen från marken var under denna årstid under avklingade och gödselutsläpp utsattes inte för så kraftiga vattenflöden, vilket kan vara en förklaring till att myllningen inte gav utslag, som i labstudien i delprojekt 2. Fosforgivorna var också lägre än planerat på grund av miss i bedömningen av stallgödselns fosforinnehåll. Just det faktum att givorna av fosfor blev tämligen olika genererade frågan om givans storlek kunde visa sig ge utslag på fosforläckaget. Inget samband mellan giva och läckage framträdde i materialet, trots att det fanns led som inte fick någon gödsel alls och led som fick stora givor.

Däremot hade grödor och spridningstidpunkter för flytgödseln tydlig påverkan på både kväve- och fosfor läckage. Vallväxtföljden, med vinterbevuxen mark under 2 av tre år, hade en betydligt och signifikant mindre kväveutlakning (i medeltal 10 kg/ha) än systemet med vårsäd och höstplöjning (19 kg/ha). Detta var inte oväntat eftersom just höstväxande gröda visat sig vara mycket viktigt för att dämpa kväveutlakningen under de klimatförhållanden som råder i den här delen av landet. Vallbrottet, som utfördes i november (I), gav inte upphov till ökad utlakning under efterföljande vinter i jämförelse med vallinsädd och vall I. Fosforutlakningen tenderade däremot att vara större i vallväxtföljden (0.59 jämfört med 0.48 kg total-P/ha). Visserligen kan vi inte särskilja grödans betydelse skilt från stallgödselbehandlingarna, men det är klart att den buffrande förmåga som vallen har beträffande kväveläckage, även vid flytgödseltillförsel, inte fanns när det gällde fosforläckage. Tydligt var att vallen hade en större andel löst fosfor (fosfatfosfor) i

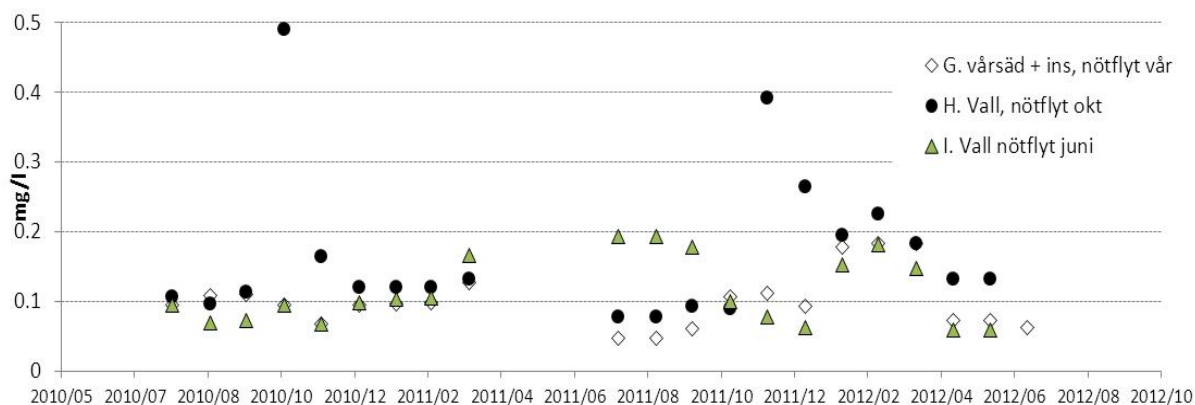
dräneringsvattnet. För vallväxtföljden var förhållandet  $PO_4\text{-P}/\text{total-P}$  0.26-0.48 och för svinväxtföljd samt kontrollad 0.11-0.17.

I bägge systemen fördelades flytgödseln över både vår och höst. När det gällde kväveläcket innebar gödsling med svinflytgödsel i oktober på stubben efter vårsäd ett riskmoment som var tämligen väntat (led E), tabell 5. Led E hade ökade mängder mineralkväve i marken under hösten (Figur 5) och signifikant större kväveutlakning än alla andra försöksled. Däremot innebar gödsling med nötflytgödsel vid samma tid till växande vall (led H) ingen ökad läckagerisk. Kväveutlakningen var till och med signifikant lägre i H än i alla andra led, utom led I. Det stämmer väl med erfarenheter från mojorden vid Mellby försöksfält (Gunnar Torstensson, opubl.)



Figur 5. Mineralkväve i marken (kg/ha vid olika tidpunkter under 2011).

När det gällde fosforutlakningen utgjorde de två höstspridningarna (E och H) tillsammans med kontrolledet med mineral-P (B) de led som gav störst utlakning (tabell 5). I led B var det en ruta som gav mycket höga värden vilket gav osäkra resultat. För fosfatfosfor, där skillnaderna var mest tydliga, hade E signifikant högre utlakning än övriga led i svinväxtföljden. Led H, med spridning på vall i oktober, hade signifikant större utlakning av löst fosfor än alla övriga led, och betydligt större utlakning än E där ändå givorna av fosfor var riktigt stora (Figur 3). Fosforförluster kännetecknas generellt av kraftiga och snabba fluktuationer vilket var tydligt i led H, där det observerades kraftiga ökningarna av fosforkoncentrationerna under höstarna efter spridning av flytgödsel, figur 6. Även i led I, efter flytgödselspridning i juni var koncentrationerna förhöjda i samband med avrinningsstart 2011 (figur 2), men det syntes ingen uppenbar effekt av vallbrottet i november i detta led.



Figur 6. Koncentrationer av totalfosfor (mg/l) i dräneringsvattnet från leden i vallväxtföljden.



## Diskussion och slutsatser

Den nya fältförsöksplatsen vid Lilla Böslid fungerar tillfredsställande med avseende på läckagestudier. Resultaten visar att kväveläckaget är måttligt men att fosforläckaget kan vara betydande från lerjordar. Här finns en potential att lära mer om hur vi kan påverka genom odlingsåtgärder.

Av resultaten att döma verkar tidpunkt för spridning av gödsel vara av större betydelse för fosforläckaget än givan, där vårspridning är att föredra för både gödslingseffekt och förlustrisker. Det tydligaste resultatet från fältförsöket var att tillförsel av flytgödsel på hösten är kritiskt, särskilt på växande vall där ingen myllning sker. Vid spridning på stubb med efterföljande plöjning var utlakningen mindre, men ändå förhöjd. Det är möjligt att de olika flytgödseltyperna kan ha påverkat läckaget i viss mån, och det vore intressant att göra jämförande studier av just detta. Kväveläckaget var däremot litet i vallväxtföljden även vid höstspridning av nötflytgödsel, men betydande efter spridning i stubb efter stråsåd. Det är högst troligt att någon form av myllning i vallen skulle minska fosforläckaget. Det visades genom labstudien att myllning av gödseln istället för att sprida på ytan minskade risken för läckage av fosfor med 50%. Myllning av flytgödsel kan alltså vara värdefullt både för att öka kväveutnyttjandet (minskad ammoniakavgång) och för att minska fosforutlakningen. För fosforutlakningen är det särskilt viktigt vid blöta förhållanden. Vid spridning på våren var myllningen inte lika viktig enligt resultaten i fältförsöket.

Vi kunde visa att risken för fosforläckage i samband med spridning av mineral- och flytgödsel är mycket jordartsberoende. Markens textur och struktur påverkar hur snabbt fosfor transporteras då marken utsätts för regn, och de kemiska egenskaperna hur fosfor binds. Lerjorden i fältförsöket utgör därvid en riskjord, medan de två mojordarna som studerades hade egenskaper som effektivt skyddade mot läckage vid enstaka givor av flytgödsel. Resultaten visade emellertid att en uppbyggnad av fosfortillståndet genom tillförsel av stallgödsel under lång tid (som ökar fosformättnadsgraden) ger en ökande potential för fosforläckage även på lågriskjordar, som kan ge större genomslag än enstaka givor. Vi drar slutsatsen att det är viktigt att ta räkna in den långsiktiga uppbyggnaden och markens fosforstatus i en riskbedömning för fosforläckage, för alla typer av jordar. Därför är det också viktigt att se stallgödselhanteringen på gården i ett långsiktigt perspektiv

## Referenser

- Glæsner, N., Kjaergaard, C., Rubæk, G.H. & Magid, J. 2011. Interactions between soil texture and placement of dairy slurry application: II. Leaching of phosphorus forms. *Journal of Environmental Quality* **40**, 344-351.
- Heckrath, G., Brookes, P.C., Poulton, P.R. & Goulding, K.W.T. 1995. Phosphorus leaching from soils containing different phosphorus concentrations in the Broadbalk experiment. *Journal of Environmental Quality* **24**, 904-910.
- Liu, J., H. Aronsson, K. Blombäck, K. Persson, and L. Bergström. 2011. Long-term measurements and model simulations of phosphorus leaching from a manured sandy soil. *Journal of Soil and Water Conservation*.
- Liu J. Aronsson H. Ulén B. & Bergström L. 2012a. Potential phosphorus leaching from sandy topsoils with different fertilizer histories before and after application of pig slurry. *Soil Use and Management* **28**: 457-467
- Liu J. Aronsson H. Bergström L. & Sharpley A. 2012b. Phosphorus leaching from loamy sand and clay loam topsoils after application of pig slurry. *SpringerPlus* **1**:53 <http://www.springerplus.com/content/pdf/2193-1801-1-53.pdf>
- Schoumans, O.F., and P. Groenendijk. 2000. Modeling soil phosphorus levels and phosphorus leaching from agricultural land in the Netherlands. *J. Environ. Qual.* **29**:111-116.

## Publikationer

Projektet är en viktig del i Jian Lius doktorandarbete. Han skrevs in som doktorand under 2009, och studierna har resulterat i två uppsatser med Jian som huvudförfattare, liksom flera

konferensrapporter. Fältförsöket har varit en viktig resurs för mätningar av lustgasemissioner via dräneringsvattnet i de SLF-finansierade projekten H0933255 och H1133232 (Maria Berglund, HS, Halland) vilka presenterats i en lägesrapport. Vidare ingår projektet i en broschyr som togs fram för att sammanhållet presentera nystartade fosforprojekt med SLF-finansiering.

*Vetenskapliga uppsatser:*

- Liu J. Aronsson H. Ulén B. & Bergström L. 2012. Potential phosphorus leaching from sandy topsoils with different fertilizer histories before and after application of pig slurry. *Soil Use and Management* 28: 457-467.
- Liu J. Aronsson H. Bergström L. & Sharpley A. 2012. Phosphorus leaching from loamy sand and clay loam topsoils after application of pig slurry. *SpringerPlus* 1:53  
<http://www.springerplus.com/content/pdf/2193-1801-1-53.pdf>

*Conference/Seminar abstracts:*

- Aronsson, H, Ekre, E., Torstensson, G. and Salomon, E. 2011. N and P losses from two crop rotations on a clay soil with applications of liquid manure. In proceedings from NJF-seminar 443 ” Utilisation of manure and other residues as fertilizers”, Falköping, Sweden, 29-30 nov 2011. (Poster presentation).
- Aronsson, H., Liu, J. & Ekre, E. 2012. Metoder för minskat fosforläckage och ökat växtnäringsutnyttjande vid användning av flytgödsel. Rapport från växtodlings- och växtskydds dagar i Växjö 4-5 dec 2012. Södra Jordbruksförsöksdistriktet rapport 65, 24:1-5.
- Liu J., Aronsson H., Ulén B. & Bergström L. 2012. Phosphorus leaching from a clay and sandy soil supplied with manure and mineral fertilizer. Abstract in the electronic book of abstracts for the 4th International Congress EUROSOIL 2012: Soil Science for the Benefit of Mankind and Environment. July 2 - 6, Bari, Italy, p. 2461. (Poster presentation)

*Övrigt:*

- Med Fokus på fosfor. Informationsbroshyr om SLF:s fosforsatsning 2009-2014.
- Magnheden, M., Mattsson, M., Fleischer, S., Berglund, M. Ekre, E. & Aronsson, H. 2012. Lustgas i dräneringsvattnet. Lägesrapport SLF-projekt H0933255.

**Övrig resultatförmedling till näringen**

Projektet och resultaten har fortlöpande förmedlats i olika sammanhang varav några presenteras nedan.

*Tabell 6. Aktiviteter där resultaten från projektet förmedlats*

	<i>Forum</i>	<i>Typ av aktivitet</i>
2009	Fältforsk vattengrupp, Uppsala	Seminariedag med alla SLF-projekt. Gemensam informations-broschyr togs fram
2010	Borgeby fältdagar	Mäss-monter
2010	KSLA vattenkommitté, Stockholm	Fosfor-workshop med fokus på fosfor
2011	Nordiskt seminarium, Falköping	Poster
2011-2012	Undervisning, SLU	Kursen Marken i odlingen, föreläsningar
2010-2012	Fältbesök	Visning
2012	Konferens i Italien	Poster
2012	Fältforsk vattengrupp, Halland	Studiebesök och presentation
2012	Greppa-kurser, Uppsala	Föreläsningar, postersession