



Helena Aronsson och Gunnar Torstensson

# Långsiktiga effekter av flytgödsel och fånggrödor på växtnäringsdynamik i marken och utlakning

Mellby försöksfält 1989-2009



---

**Ekohydrologi 114**

**Uppsala 2009**

**Enheten för biogeofysik och vattenvård**

**Sveriges lantbruksuniversitet**

ISRN SLU-VV-EKOHYD—114-SE

ISSN 0347-9307

*Swedish University of Agricultural  
Sciences*

---



## INNEHÅLL

<b>TILLKÄNNAGIVANDEN</b>	2
<b>SAMMANFATTNING</b>	3
<b>INLEDNING</b>	5
Försöksfältet	5
Mål med efterverkansstudierna	6
<b>MATERIAL OCH METODER</b>	7
Försöksplan och odlingsåtgärder	7
Försöksdränering och avrinningsmätning	8
Vattenprovtagning, vattenanalyser och utlakningsberäkning	8
Klippta grödprov	8
Skörd, skörderester och kvävebortförel med grödan	8
Mineralkväve i marken	9
Nettomineralisering av kväve	9
<b>RESULTAT OCH DISKUSSION</b>	9
Efterverkansstudier av tidigare behandlingar	9
<i>Skördar</i>	9
<i>Kvävemineralisering under växtsäsongen och långsiktiga förändringar</i>	10
<i>Mineralkväve i marken</i>	11
<i>Utlakning av kväve</i>	13
<i>Uppbyggnad av fosfor i marken till föjd av stallgödseltillförel</i>	16
<i>Utlakning av fosfor</i>	18
<b>Insådda fånggrödor och tidpunkter för jordbearbetning</b>	19
<i>Samlade slutsatser angående tidpunkt för jordbearbetning</i>	19
<i>Olika nedbrukningstidpunkter för fånggrödor på Mellby</i>	19
<b>SLUTSATSER</b>	21
<b>REFERENSER</b>	22

## **TILLKÄNNAGIVANDEN**

Det redovisade försöket bedrivs med medel från Jordbruksverket och Sveriges lantbruksuniversitet i nära samarbete med Hushållningssällskapet i Halland. Det är ett samarbetsprojekt mellan olika enheter vid Institutionen för mark och miljö med Helena Aronsson, Maria Stenberg och Tomas Rydberg som projektledare. Försöket är beläget på Mellby försöksfält i södra Halland, som arrenderas av Forslunds gård. Magnus Håkansson vid Hushållningssällskapet i Halland ansvarar för försökets skötsel samt provtagning av vatten, jord och grödor under ledning av Erik Ekre. Gröd-, jord- och vattenprover har analyserats vid laboratorier vid Institutionen för mark och miljö.

## SAMMANFATTNING

I denna rapport redovisas resultat för perioden 2006-2009 från ett utlakningsförsök (R0-8403) beläget på mojord vid Mellby försöksfält i södra Halland. Försöket ingår sedan 1993 i forskningsprogrammet "Utlakningsförsök för långsiktig kontroll av odlingssystem med vintergrön mark" som finansieras av Jordbruksverket och SLU. I försöket vid Mellby har utlakningsstudier bedrivits sedan 1984 med inriktning på studier av odlingssystem med flytgödseltillförsel och odling av fånggrödor. Under 2006-2009 gjordes ett avbrott i några av leden för att studera om olika behandlingar givit avtryck i form av långsiktiga effekter på markens näringsleverans och utlakning av kväve och fosfor. Försöket är konstruerat med separata dräneringssystem för enskilda rutor med utlakningsmätningar. Dessutom gjordes skördebestämningar, mätningar av grödors tillväxt och kväveupptag under hösten samt jordprovtagning för analys av mineralkväve i marken.

Fånggrödor och olika tidpunkter för jordbearbetning har studerats under många år i försöket vid Mellby. Viktiga slutsatser från studierna var bland annat att senarelagd jordbearbetning till sent på hösten eller ända till våren har en påtaglig utlakningsdämpande effekt på lätt jord, särskilt i kombination med en insådd fånggröda. Det skiljer sig från resultat inom samma projekt på styv lerjord där senarelagd jordbearbetning på hösten inte medfört minskat läckage. Däremot kan en fånggrödans kväveupptag under hösten minska kväveutlakningen även från styv lera. Fånggrödan på lätt jord har bäst effekt i samband med vårplöjning, men även en höstplöjd fånggröda minskar läckaget. Engelskt rajgräs fungerar bättre än rödsvingel som fånggröda genom att den tar upp mer kväve under hösten.

Försöket vid Mellby har, även före försökets anläggning, en lång historia av stallgödseltillförsel som avbröts i vissa led i och med försökets anläggning 1983. För leden utan stallgödseltillförsel, särskilt de utan odling av fånggröda, var trenden för markens kväveförråd sedan negativ. Behandlingar med stora givor flytgödsel och odling av fånggröda har inneburit en ökning av markens kväveförråd. Under de senaste 16 åren har kväveöverskottet uppskattats till något tusental kg/ha, vilket innebär en ökning av markens kväveförråd med drygt 10%. Störst har ökningen varit vid kombination av stora flytgödselgivor och odling av fånggröda som sparar kväve undan utlakning.

*Efterverkansstudier av olika behandlingar gav upphov till följande slutsatser angående effekten av markens förändringar:*

Det verkar finnas mätbara långsiktiga effekter av de olika behandlingarna på markens kvävelevererande förmåga. Ökad kväveminerisering och ökad utlakning observerades i efterverkansleden. Under det tredje efterverkansåret var utlakningen 4-7 kg större i efterverkansleden jämfört med referensledet, vilket motsvarade 25-45% större utlakning.

Trots att mätningar visade på en ökad mineraliseringen under växtsäsongen i efterverkansleden, åtminstone ett av åren, avspeglades inte detta i form av ökade skördar i dessa led jämfört med i referensledet. Det kan bero på att andra okända faktorer än kvävetillgången påverkade skördenivån i försöksrutorna.

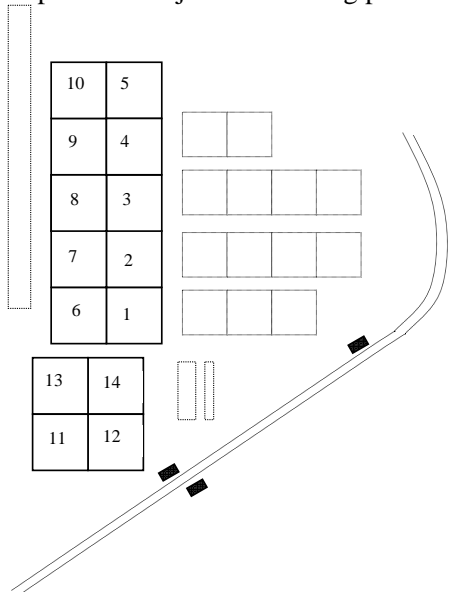
Jorden vid Mellby har en uthållig potential att leverera kväve. I ett led som inte gödslats sedan 1983 ligger skördenivån än så länge relativt stabilt på i medeltal 40% av den i referensledet.

Jorden vid Mellby har också, till följd av odlingshistorien i ett längre perspektiv, generellt en mycket god fosforstatus. Skillnader i behandlingar under försökets gång visar på en svag tendens till ökning eller minskning utifrån mätta värden 1988, men förändringarna är små. En god fosforbindningsförmågan i alven bidrar troligen till att fosforutlakningen är måttlig, i medeltal 0,23 kg/ha och år. Det fanns ingen systematisk skillnad i fosforutlakning mellan efterverkansleden och referensledet. I en av rutorna innebar emellertid avbruten stallgödseltillförsel på hösten och avbruten odling av fånggröda att fosforutlakningen minskade under de efterföljande åren.



## INLEDNING

I denna rapport redovisas resultat för perioden 2006-2009 från ett utlakningsförsök (R0-8403) beläget på mojord vid Mellby försöksfält i södra Halland. Försöket ingår sedan 1993 i forskningsprogrammet "Utlakningsförsök för långsiktig kontroll av odlingssystem med vintergrön mark" som finansieras av Jordbruksverket och SLU. Försöken inom projektet är belägna på fyra olika försöksplatser. De har ett gemensamt övergripande mål, där särskilt långsiktiga effekter av fånggrödor, stallgödseltillförsel och olika jordbearbetningsstrategier studeras. I försöket vid Mellby har utlakningsstudier bedrivits sedan 1984 med inriktning på studier av odlingssystem med flytgödseltillförsel och odling av fånggrödor, se bl. a. Aronsson et al., 2003 och Lindén et al., 1993. De flesta av försöksleden behandlades på samma sätt sedan 1989 och några ända sedan försökets anläggning 1983. Under 2006-2009 gjordes ett avbrott i några av leden för att studera om olika behandlingar givit avtryck i form av långsiktiga effekter på markens näringsleverans och utlakning. I denna rapport redovisas resultat av dessa efterverkansstudier. Dessutom görs också en sammanställning av de erfarenheter som erhållits på försöksplatsen om effekten av fånggrödor och tidpunkten för jordbearbetning på utlakning kväve.



Figur 1. Delar av Mellby försöksfält med numrering angiven för de rutor som ingår i försöket R0-8403 vid Mellby.

### Försöksfältet

I den ursprungliga försöksplanen ingick försöksrutorna 1-10 (40 x 40 m), som anlades 1983, figur 1. 1998 infogades ytterligare fyra utlakningsrutor (11-14) belägna på en intilliggande yta i försöksplanen som nu alltså innefattar 14 rutor. Jorden består av måttligt mullhaltig lerig sandig grovmo i matjorden och av sandig grovmo i alven, tabell 1. Under 1 m djup ligger glacial lera. Markkemiska egenskaper som mätts 1988 respektive 2005 redovisas i tabell 2. Matjorden är fosforrik och halterna motsvarar P-AL-klass V.

Tabell 1. Jordartssammansättning i matjord, alv och underliggande lera (150-170 cm), medelvärden för rutorna 2, 8 och 10

Markdjup (cm)	Jordartssammansättning (%), partikelstorlek (mm)				Mullhalt (%)
	Ler <0,002	Mjåla 0,002-0,02	Mo 0,02-0,2	Sand 0,2-2	
0-20	5,6	6,0	36,6	46,4	4,8
20-40	6,1	0,4	45,2	45,1	2,6
40-60	1,5	1,8	54,6	41,0	1,1
60-80	1,9	0,5	44,7	52,1	0,6
80-100	1,6	1,1	67,9	28,8	0,4
150-170	38,8	14,3	30,7	16,0	0,0

Tabell 2a. Kemiska egenskaper i matjord och alv vid Mellby vid provtagning i september 1988

Led	Ruta	pH (H <sub>2</sub> O)			P-AL (mg/100 g lufttorr jord)			K-AL (mg/100 g lufttorr jord)			Tot-C		Tot-N	
		0-30 (cm)	30-60 (cm)	60-90 (cm)	0-30 (cm)	30-60 (cm)	60-90 (cm)	0-30 (cm)	30-60 (cm)	60-90 (cm)	(% av ts)		0-30	0-30
A	7	6,0	6,0	5,6	24,2	3,2	3,2	10,5	4,0	7,5	2,6		0,14	
B	5	5,8	6,0	6,3	28,2	5,8	4,4	10,0	3,5	7,5	3,3		0,17	
C	2	5,8	5,9	6,0	24,5	4,5	3,0	9,0	2,5	4,0	2		0,16	
D	10	5,9	6,1	6,3	24,7	3,0	4,4	8,0	2,5	7,0	3,1		0,15	
E	8	6,1	6,1	6,0	27,8	2,6	2,9	8,5	2,5	3,0	3,1		0,15	
F	3	6,0	6,2	6,2	32,0	4,2	2,4	10,5	3,5	4,5	3,3		0,19	
G	1	5,7	5,6	5,9	23,2	2,7	2,2	9,0	3,0	3,5	3,1		0,15	
H	6	5,9	5,9	6,1	22,3	2,6	3,9	8,5	3,5	11,0	2,9		0,15	
I	9	6,2	6,2	6,1	26,4	2,6	2,6	7,5	2,5	7,0	3,2		0,16	
J	4	6,2	6,4	6,4	32,4	4,4	5,4	9,5	3,0	8,5	3,5		0,18	

Tabell 2b. Kemiska egenskaper i matjord vid Mellby hösten 2005

Led	Ruta	pH (H <sub>2</sub> O)			P-AL (mg/100 g lufttorr jord)			K-AL (mg/100 g lufttorr jord)			Tot-C		Tot-N	
		0-30 (cm)	30-60 (cm)	60-90 (cm)	0-30 (cm)	30-60 (cm)	60-90 (cm)	0-30 (cm)	30-60 (cm)	60-90 (cm)	(% av ts)		0-30	0-30
A	7	6,4			24,1	5,31	2,81	16,3	5,53	5,55	2,22		0,12	
B	5	6,4			28,6	2,00	2,26	14,4	3,86	4,37	3,30		0,17	
C	2	6,4			23,7	4,75	3,34	10,2	5,17	3,19	2,39		0,13	
D	10	6,3			24,9	2,87	2,18	10,2	2,74	3,25	3,31		0,17	
E	8	6,4			30,8	3,82	2,30	12,0	3,09	3,42	3,25		0,18	
F	3	6,4			34,6	4,39	1,93	21,3	3,90	3,67	3,00		0,19	
G	1	6,2			23,3	3,04	1,40	10,2	3,07	2,84	2,63		0,13	
H	6	6,4			22,5	2,71	1,70	10,2	2,73	4,30	2,52		0,14	
I	9	6,6			30,7	2,59	1,94	16,7	3,73	4,19	3,10		0,18	
J	4	6,5			34,1	6,45	2,01	17,8	4,06	3,58	3,60		0,21	
K	11	6,5			25,8	4,37	1,84	11,7	4,46	11,9	2,80		0,15	
K	12	6,5			24,6	3,06	1,43	12,8	4,32	7,10	2,85		0,15	
L	13	6,6			23,9	2,00	3,00	9,67	4,41	21,3	2,42		0,14	
L	14	6,4			22,9	3,98	1,80	11,2	6,56	13,6	2,38		0,14	

### Mål med efterverkansstudierna

Mångårig tillförsel av stora givor stallgödsel och odling av fånggrödor bidrar på sikt till en ökning av markens mullhalt och kvävelevererande förmåga. Tillförsel av stallgödsel bidrar ofta också till en ökning av markens fosforinnehåll. Genom att avbryta pågående behandlingar med stallgödsetillförsel och fånggrödeodling under några år var målet att undersöka

-om det finns mätbara efterverkans effekter i form av ökade skördar under ett eller flera år efter avbruten behandling,

-om en ökad kväveminerialisering efter stallgödsetillförsel och fånggrödeodling i försöket är en effekt som snabbt klingar av eller om den är bestående,

-om en den ökade kväveutlakningen efter stallgödsetillförsel och fånggrödeodling i försöket är bestående eller snabbt avklingande,

-om försöksled med stora stallgödsetgivor i kombination med kraftigt växande fånggrödor har större efterverkans effekter än led utan fånggröda,

-om tillförseln av stora givor stallgödsel i försöket inneburit risk för ökad fosforutlakning på sikt.



## MATERIAL OCH METODER

### Försöksplan och odlingsåtgärder

De olika försöksledens behandlingar under från och med 2006 framgår av tabell 3. De skuggade partierna i tabellen (led C, E, F, I och J) markerar led som behandlades lika under perioden för efterverkansstudier av tidigare behandlingar. Ledens behandling före 2006 framgår av kolumnen längst till höger. Svinflytgödsel hade tidigare tillförts i två olika givor. Med normal giva menas i detta fall en giva motsvarande ca 90 kg total-kväve/ha (ca 20 ton flytgödsel). Med stor giva menas en giva dubbelt så stor som den normala. I leden med stallgödsel hade också alla år kväve tillförts med handelsgödsel i mängder motsvarande halva den som getts i led C. Led C, som haft samma behandling sedan 1984 utgjorde ett referensled i efterverkansstudierna. Några av leden (A, B, D, G, H, K och L) ingick inte i efterverkansstudierna och där fortlöpte behandlingarna som vanligt ("samma" i kolumnen). I led K och L gjordes vissa modifieringar från och med 2006. Vårplöjning infördes istället för höstplöjning i led K och rödsvingel testades som fånggröda i led L. Led K och L hade två replikat i försöket, som annars saknade upprepningar.

Tabell 3. De olika försöksleden. De led där särskilda efterverkansstudier bedrevs under 2006-2009 är skuggade. Behandling före 2006 framgår av den högra kolumnen. Med normal giva flytgödsel menas ca 90 kg Tot-N/ha och med stor giva en giva dubbelt så stor som normal

Led	Ruta	Flyt- gödsel	Handels- gödsel		Fånggröda	Tidpunkt för bearbetning	Behandling före 2006
			N	P			
A	7	-	-	1P	-	Tidig höst	Samma
B	5	-	-	1P	Eng. rajgräs	Vår	Samma
<b>C</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>1 N</b>	<b>1P</b>	<b>-</b>	<b>Tidig höst</b>	<b>Samma, referensled i efterverkansstudier</b>
D	10	-	1 N	1P	Eng. rajgräs	Vår	Samma
<b>E</b>	<b>8</b>		<b>1 N</b>	<b>1P</b>	<b>-</b>	<b>Tidig höst</b>	<b>Normal giva flytgödsel på hösten och fånggröda</b>
<b>F</b>	<b>3</b>		<b>1 N</b>	<b>1P</b>	<b>-</b>	<b>Tidig höst</b>	<b>Stor giva flytgödsel på hösten och fånggröda</b>
G	1	20 ton	½ N	-	-	Tidig höst	Samma
H	6	20 ton	½ N	-	Eng. rajgräs	Vår	Samma
<b>I</b>	<b>9</b>		<b>1 N</b>	<b>1P</b>	<b>-</b>	<b>Tidig höst</b>	<b>Stor giva flytgödsel på våren</b>
<b>J</b>	<b>4</b>		<b>1 N</b>	<b>1P</b>	<b>-</b>	<b>Tidig höst</b>	<b>Stor giva flytgödsel på våren och fånggröda</b>
K	11, 12	-	1 N	1P	-	Vår	Annan tidpunkt för jordbearbetning
L	13, 14	-	1 N	1P	Rödsvingel	Vår	Annan fånggröda

### Gödsling från och med 2006

I alla led utom A och B tillfördes kväve med handelsgödsel. I led G och H som var de enda leden med svinflytgödseltillförsel från och med våren 2006 gavs halv giva handelsgödselkväve. Full giva kväve innebar för havre och vårkorn 90 kg N/ha och för vårvete 110 kg N/ha. Det tillfördes med Axan. Fosfor och kalium tillfördes med ett P-K-gödselmedel i givorna 17 kg P/ha och 60 kg K/ha varje år i alla led utom G och H, där ingen fosfor och kalium tillfördes utöver flytgödseln. Mängder tillförd växtnäring med svinflytgödsel i led G och H framgår av Tabell 4.

Tabell 4. Tillförd växtnäring med flytgödsel från svin i led G och H under 2006-2008. Förutom flytgödsel tillfördes kväve med givorna 45, 45 respektive 55 kg/ha under 2006, 2007 respektive 2008

	Giva	Tot-N	NH <sub>4</sub> -N	P	K	Tot-N	NH <sub>4</sub> -N	P	K
	Ton/ha	Kg/ton				Kg/ha			
2006	20	4,6	2,5	1,0	1,7	92	50	20	34
2007	15	3,7	2,1	0,86	1,3	56	31	13	19
2008	20	3,2	2,3	0,57	2,6	64	46	11	51

### Odlingsåtgärder

Tidpunkter för sådd, skörd och gödning framgår av tabell 5. Leden med fånggröda, samt led L bearbetades på våren genom 1-2 stubbearbetningar följt av plöjning (2006 endast plöjning). Fånggrödan såddes in ett par dagar efter sådd av huvudgrödan. Övriga led stubbearbetades i september följt av plöjning i november-december. Ett undantag från försöksplanen skedde hösten 2008 då samtliga led behandlades med Round-up (4 l/ha) i oktober för att bekämpa kvickrot. Därmed avbröts fånggrödornas tillväxt i led B, D, H och L. Plöjning utan föregående stubbearbetning utfördes i december.

Tabell 5. Tidpunkter för sådd, skörd och jordbearbetning under 2006-2008

	2006	2007	2008
Gröda	Havre	Vårkorn	Vårmete
Stubbearbetning vår B, D, E, F, H, J, K, L	-	21 mar	3, 10 apr
Plöjning vår B, D, E, F, H, J, K, L	24 apr*	10 apr	16 apr
Sådd:	5 maj	16 apr	30 apr
Gödning, handelsgödsel:	4 maj	13 apr	24 apr
Gödning flytgödsel (G, H)	21 apr	12 apr	21 apr
Skörd:	28 aug	4 sep	4 sep
Roundup-behandling, alla led	-	-	8 okt
Stubbearbetning höst A, C, G, I	7 sep	20 sep	-
Plöjning	27 nov	28 nov	12 dec

\*) Led K och L plöjdes även hösten 2005.

### Försöksdränering och avrinningsmätning

Varje ruta på försöksfältet har ett separat dräneringssystem, där avrinningen mättes med dubbelsidiga vippkärl. Vippslagen registrerade dygnvis avrinning med hjälp av en datalogger som också styrde vattenprovtagningen, se nedan.

### Vattenprovtagning, vattenanalyser och utlakningsberäkning

Vattenprover uttogs automatiskt i proportion till vattenfödet. Efter 0,2 mm avrinning togs delprov om ca 15 ml med hjälp av en perstaltisk pump till ett samlingsprov som vittjades var fjortonde dag. Vattenproven analyserades med avseende på NO<sub>3</sub>-N, total-N, total-P och kalium. Analyser utfördes enligt EU-standarder vid Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala. För att beräkna utlakningen multiplicerades den analyserade koncentrationen på varje samlingsprov med alla dygnsavrinningar som skett sedan föregående provtagningstillfälle. Dygnstransporterna summerades sedan till månads- och årstransporter (agrohydrologiska år, 1/7-30/6). Summerad årstransport från varje försöksruta dividerades med summerad årsavrinning från respektive ruta för att få fram rutans årsmedelkoncentration.

### Klippta grödprov

För bestämning av kväve i ovanjordiskt växtmaterial i stubb och fånggrödor på hösten provtogs växtmaterial på tre ytor om 0,75 m<sup>2</sup> vardera fördelat på tre prov om 0,25 m<sup>2</sup>. Vid provtagning klipptes plantan ovan markytan så att allt ovanjordiskt växtmaterial kom med, men ingen jord. Analys av mängden kväve i växtmaterial utfördes enligt svenska standarder vid Avdelningen för växtnäringlära vid SLU i Uppsala.

### Skörd, skörderester och kvävebortförel med grödan

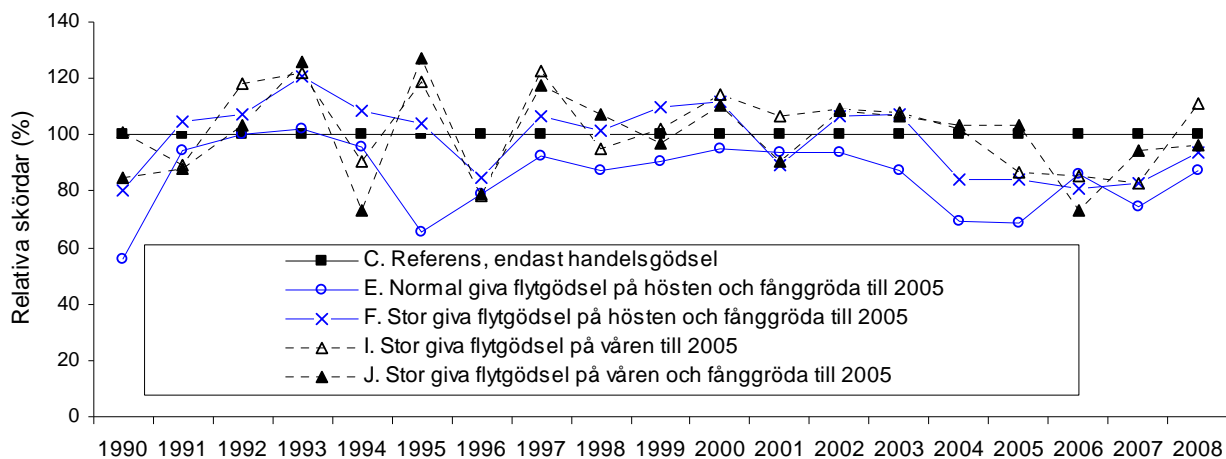
Stråsädens skörd bestämdes genom tre tröskdrag. Skördad kärnvikt för varje tröskdrag noterades och ett kärnprov (1000 g) per tröskdrag uttogs för bestämning av mängden skördat kväve och fosfor. Även halmen vägdes och provtogs vid skörd.



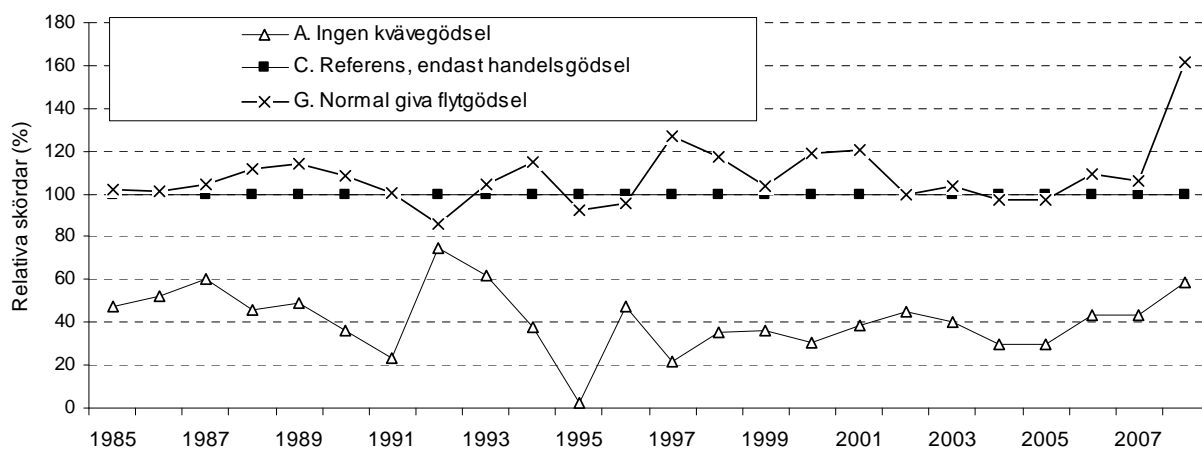
Tabell 6. Kärn- och halmskördar, samt skördeproduktrenas innehåll av kväve och fosfor

	A		B Eng. rajgräs		C		D Eng. rajgräs		E*		F*		G		H Eng. rajgräs		I*		J*		K		L Rödsv.	
Fånggröda	Höst		Vår		Höst		Vår		Höst		Höst		Höst		Vår		Höst		Höst		Vår		Vår	
Jordbearbetn.	Höst		Vår		Höst		Vår		Höst		Höst		Höst		Vår		Höst		Höst		Vår		Vår	
Flytgödsel	Ja		Ja		Ja		Ja		Ja		Ja		Ja		Ja		Ja		Ja		Ja		Ja	
Handelsgödsel	0N		0N		1N		1N		1N		1N		0,5N		0,5N		1N		1N		1N		1N	
<i>Kärna, kg/ha</i>																								
<i>15% vh</i>																								
2006, havre	1413		1379		3236		2866		2793		2628		3536		2711		2769		2364		2621		2927	
2007, vårkorn	1838		2513		4256		3964		3164		3536		4507		3634		3524		4015		3999		4039	
2008, vårvete	1821		1934		3090		4342		2701		2903		4995		4527		3428		2986		3242		3714	
<i>Kärna, %</i>	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
2006	1,54	0,41	1,61	0,43	2,09	0,39	1,93	0,47	2,27	0,45	2,48	0,49	2,04	0,42	2,28	0,43	2,29	0,48	2,43	0,47	2,20	0,47	2,09	0,45
2007	1,26	0,44	1,25	0,44	1,43	0,43	1,43	0,43	1,35	0,44	1,53	0,43	1,57	0,41	1,65	0,45	1,41	0,43	1,56	0,45	1,52	0,42	1,45	0,41
2008	1,59	0,39	1,71	0,42	2,41	0,34	2,11	0,36	2,39	0,32	2,61	0,37	2,31	0,35	2,42	0,34	2,16	0,34	2,57	0,36	2,53	0,37	2,31	0,36
<i>Kärna, kg/ha</i>	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
2006	18	5	19	5	58	11	47	11	54	11	55	11	61	13	52	10	54	11	48	9	49	11	52	11
2007	20	7	27	9	52	16	48	15	36	12	46	13	60	16	51	14	42	13	53	15	52	14	50	14
2008	25	6	28	7	63	9	78	13	55	7	64	9	98	15	94	13	63	10	66	9	69	10	72	11
<i>Relativskördar</i>																								
2006	44		43		100		89		86		81		109		84		86		73		81		90	
2007	43		59		100		93		74		83		106		85		83		94		94		95	
2008	59		63		100		140		87		94		162		146		111		97		105		120	
<i>Halm, kg ts/ha</i>																								
2007	2049		2041		3363		2644		2834		4448		3150		3679		2879		3504		2436			
2008	434		562		848		734		1053		1655		1257		632		1069		1280		846		798	
<i>Halm, %</i>	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
2007	1,12	0,20	1,15	0,24	0,78	0,12	1,04	0,16	0,93	0,13	0,92	0,17	0,93	0,12	1,19	0,16	0,82	0,13	1,01	0,16	0,74	0,13	0,89	0,12
2008	0,41	0,06	0,40	0,06	0,83	0,08	0,58	0,07	1,23	0,12	1,50	0,17	0,64	0,06	1,00	0,10	0,97	0,09	1,43	0,15	0,96	0,10	0,70	0,08
<i>Halm, kg/ha</i>	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
2007	22	4	24	5	26	4	28	4	26	4	41	8	29	4	44	6	23	4	35	5	21	3	29	4
2008	2	0	2	0	7	1	4	0	13	1	25	3	8	1	6	1	11	1	18	2	8	1	5	1

\*)efterverkansled av tidigare behandlingar som framgår av tabell 3.



Figur 2. Relativa skördenivåer från 1990. Från och med 2006 avbröts behandlingarna i led E-J och dessa rutor behandlades under 2006-2008 som referensled C.

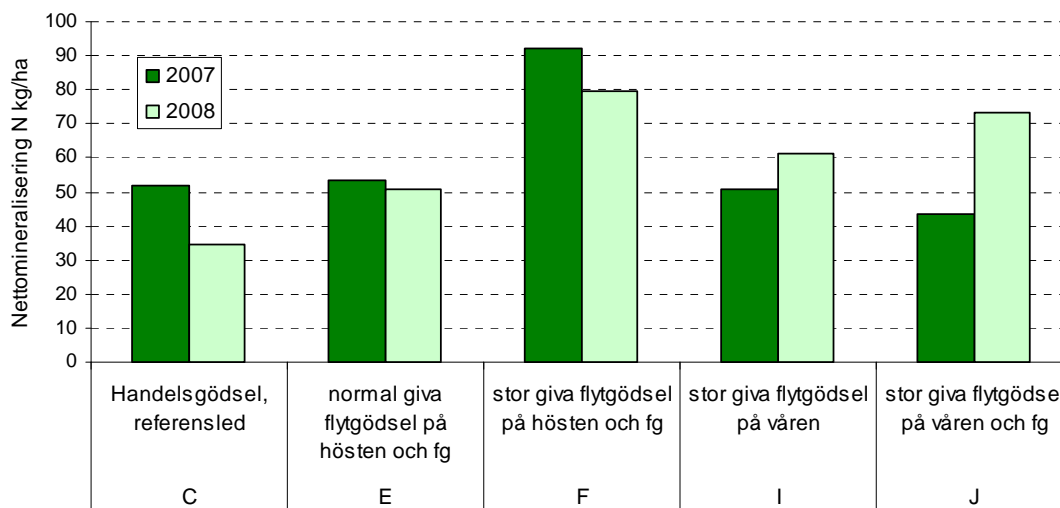


Figur 3. Relativa skördenivåer sedan 1985 i tre led som haft samma behandling hela perioden (inga efterverkansstudier i dessa led).

#### Kvävemineralisering under växetsäsongen och långsiktiga förändringar

Under efterverkansår 2 och 3 (2007 och 2008) gjordes en fältmässig bestämning av nettomineraliseringen av kväve under grödans tillväxtperiod i leden med efterverkansstudier. Resultaten, som framgår av figur 4, tyder på att frigörelsen av kväve under både åren var störst i led F med en historia av stora flytgödselgivor på hösten i kombination med fånggröda. Led J, som hade liknande behandling som led F fram till 2005, hade en uppmätt mineralisering 2007 som var mindre än i led C, men som under 2008 var nästan lika stor som i led F. Denna till synes ologiska variation kan devis bero på osäkerheter i metoden, men överlag verkade förutsättningarna för kvävemineralisering vara mer gynnsamma under 2008 än under 2007.

Gödseln innehåller olika fraktioner av organiskt material som ibland delas upp i en mer lättomsättbar del som mineraliserins under ungefär ett år efter spridning och en mer beständig del som mer långsiktigt ökar markens mineraliseringsförmåga (Sluijsmans & Kolenbrander, 1977). Under växetsäsongen 2008 hade drygt två år passerat efter den sista givan med flytgödsel i led E och F och tre år efter spridning i I och J. Förmodligen är det i alla fall delvis en långsiktig förändring av markens mineraliseringspotential som kan ses under 2008 då alla efterverkansled hade större nettomineralisering än led C. Emellertid kunde det alltså inte mätas i form av större skördar i efterverkansleden.



Figur 4. Mätt nettomineralisering av kväve under grödans växtperiod under 2007 och 2008

Tidigare studier på fältet under en kortare period har visat att särskilt led med flytgödsel och fånggröda, där kväve undanhålls utlakning, har en ökande trend för markens innehåll av kväve (Torstensson & Aronsson, 2000). Led C med endast handelsgödsetillförsel hade enligt modellstudierna som gjordes en negativ kvävebalans (-30 kg N/ha och år), vilket indikerar en mullhaltssänkning. I modellstudierna uppskattades alla kväveflöden (inklusive ammoniakavgång och denitrifikation). I tabell 7 visas kvävebalanser för perioden 1989-2005, där endast flödena genom gödsling, skörd och utlakning beaktas. Överskotten i balanserna är till viss del överskattade eftersom ingen hänsyn tagits till ammoniakavgång i samband med flytgödelspridning och denitrifikation. Dessa flöden är säkert större än det kvävetillskott förutom med gödsling också sker genom deposition.

Det framgår emellertid tydligt att det skett en uppbyggnad av kväve i marken genom odling av fånggröda och tillförsel av stallgödsel, men också att enbart odling med handelsgödsel på sikt leder till mullhaltssänkning på denna jord. Stråsådeshalmen skördades varje år, vilket innebar en bortförsl av 5-20 kg N/ha. Utan halmskörd hade handelsgödselad mark utan fånggröda varit närmare balans. Till skillnad mot för fosfor (tabell 10), har kväveflödet genom utlakning en betydande inverkan på balansen. Odling av fånggröda sparar kväve undan utlakning, vilket påverkar balansen. I handelsgödselad led medförde fånggrödan att en negativ trend kunde undvikas. I leden med stora flytgödselgivor och fånggröda var kväveöverskottet i medeltal 80-90 kg/ha. Det kan delvis vara effekterna av en sådan uppbyggnad som mättes genom ökad mineralisering i efterverkansleden. Med de årliga förändringar som framgår av balansberäkningarna skulle de olika behandlingarna under 15-årsperioden totalt medfört förändringar mellan -800 (led A) och +1500 (led J) kg hos markens kväveförråd. Om merparten av överskottet i leden med stallgödsel och fånggröda kom att ingå i markens mer svårnedbrytbara substanser och man räknar med en mineralisering av dessa motsvarande 1-2% per år skulle det motsvara en mermineralisering på 15-30 kg/år i leden med störst uppbyggnad. Hälften av detta kan tänkas ske under växtsäsongen, vilket alltså motsvarar något tiotal kg. Som medeltal av 2007 och 2008 var den uppskattade mermineraliseringen 10-40 kg/ha jämfört med referensledet.

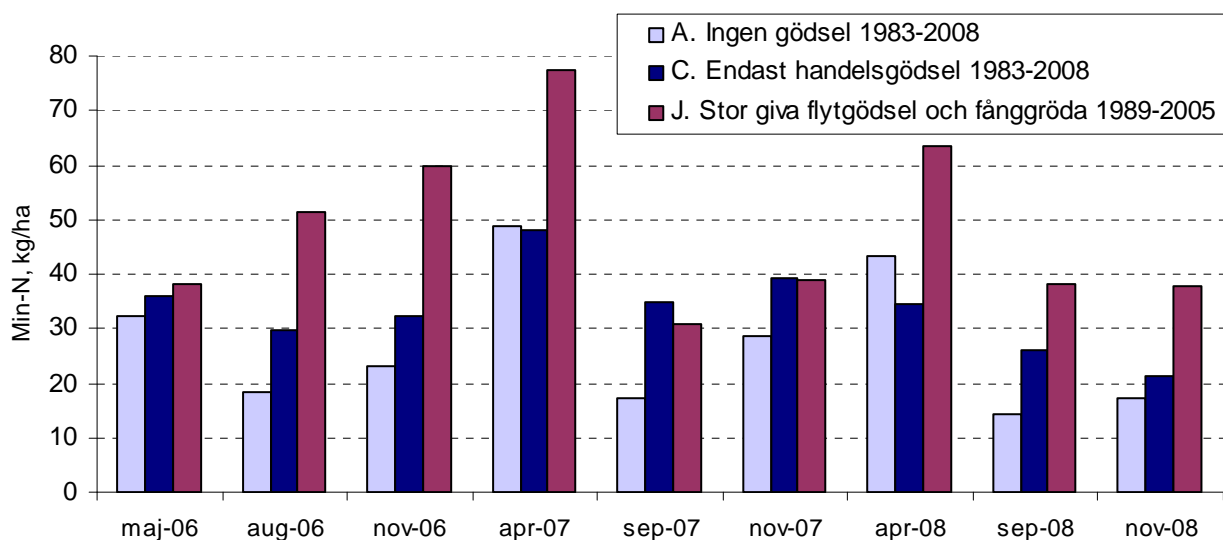
Mätningar av markens kväveinnehåll 1988 och 2005 framgår av tabell 2 a och b. En halt av 0,20% kväve innebär i grova tal att jorden innehåller 6000-6500 kg N/ha. En förändring av 1000 kg N motsvarar ca 0,03%. I de flesta av leden kan den förväntade förändringen som framgår av balansberäkningarna styrkas med de mätningar som gjorts av markens kväveinnehåll. I led F, G och H däremot tyder markkväveinnehållmätningarna på en negativ utveckling vilket inte alls styrks av resultaten som framkom. Det är troligt att mätningarna av markens kvävehalt innehåller stora osäkerheter.

Tabell 7. Flöden av kväve (kg/ha och år) till och från försöksrutor under åren 1989-2005, uttryckt per år och som summa över perioden

Behandling till 2005		Tillfört med gödsel	Bortfört med skörd	Utlakning	Balans	Summaflöden, 1989-2005
		Kväve, kg/ha och år				Totalt, kg N
A-7	Ingen kvävegödsel	0	26	22	-48	-823
B-5	Ingen kvävegödsel, med fånggröda	0	32	13	-45	-773
C-2	Endast handelsgödsel	98	77	45	-24	-410
D-10	Endast handelsgödsel, med fånggröda	98	78	19	1	19
E-8	Normal flytgödselgiva på hösten, med fånggröda	136	69	34	33	568
F-3	Stor flytgödselgiva på hösten med fånggröda	230	92	60	78	1320
G-1	Normal flytgödselgiva på våren	153	90	47	17	293
H-6	Normal flytgödselgiva på våren, med fånggröda	157	88	24	44	749
I-9	Stor flytgödselgiva på våren	248	108	70	71	1208
J-4	Stor flytgödselgiva på våren, med fånggröda	256	111	53	92	1567

#### Mineralkväve i marken

Resultat av de mätningar som gjorts av markmineralkväve under perioden redovisas i tabell 8. I figur 5 visas, som ett exempel, resultaten från tre av leden, det helt ogödslade led A, referensledet C och led J som fram till våren 2005 fick dubbel flytgödselgiva vid sådd och var bevuxet med fånggröda. Särskilt under det första efterverkansåret 2006 var mineralkvävemängderna i marken stora under hösten under våren 2007 i jämförelse med referensledet. Även under 2008 fanns det större mängder mineralkväve i detta led vilket, liksom mineraliseringsberäkningarna tyder på att det skedde en större mineralisering jämfört med i referensled C. I led A, utan kvävegödsling var mängden mineralkväve liten i samband med skörd, men ökade något under hösten och vid vårprovtagningarna var den lika stor som i led C, vilket tyder på att det generellt finns en stor potential till kväveleverans från matjorden även i mark som inte fått kvävegödsel på ca 20 år.



Figur 5. Mineralkväve ( $NH_4-N + NO_3-N$ ) inom 0-90 cm djup under 2006-2008. I led J bedrevs dessa år efterverkansstudier av tidigare behandling.

Tabell 8. Markmineralkväve ( $NH_4-N + NO_3-N$ ) inom 0-90 cm djup under 2006-200. I=0-30 cm, II=30-60 cm, III=60-90 cm.

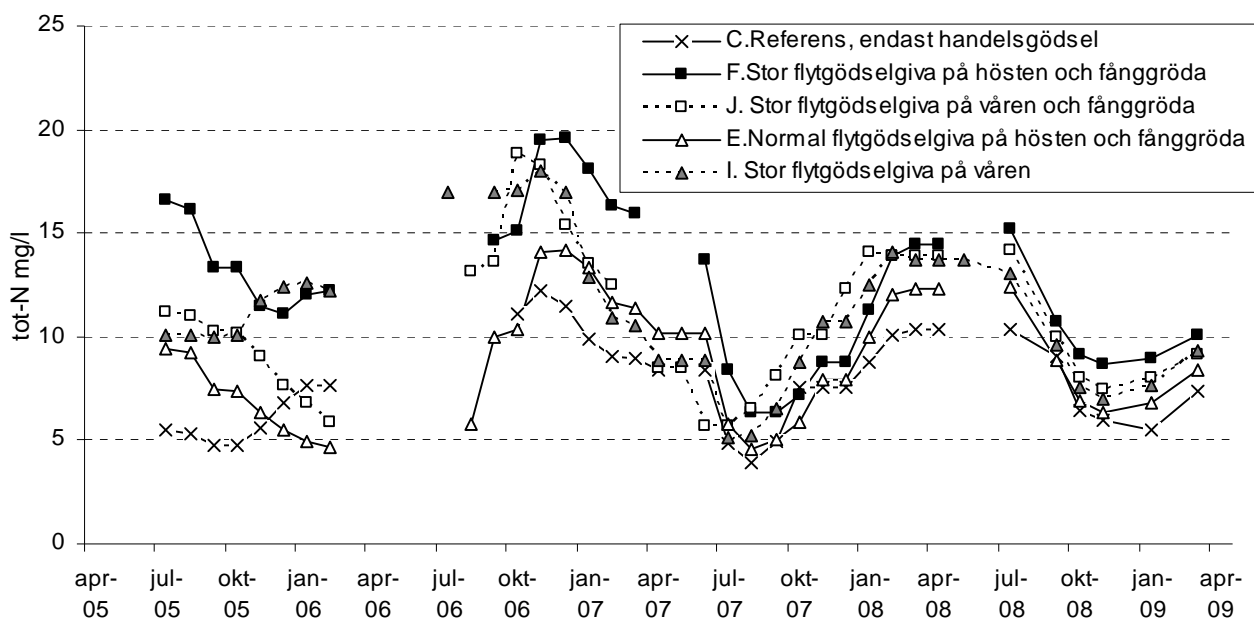
Mineralkväve					S:a	Mineralkväve					S:a	Mineralkväve					S:a		
	I	II	III			I	II	III			I	II	III			I	II	III	
06-05-20	7 A	19	8	5	<b>32</b>	06-05-20	10 D	23	4	3	<b>31</b>	06-05-20	1 G	32	15	13		<b>59</b>	
06-08-30	7 A	15	1	2	<b>18</b>	06-08-30	10 D	21	4	2	<b>27</b>	06-08-30	1 G	18	10	8		<b>35</b>	
06-11-14	7 A	13	6	5	<b>23</b>	06-11-14	10 D	16	2	3	<b>22</b>	06-11-14	1 G	19	7	19		<b>45</b>	
07-04-03	7 A	24	17	8	<b>49</b>	07-04-03	10 D	29	5	2	<b>37</b>	07-09-19	1 G	15	10	10		<b>34</b>	
07-09-19	7 A	12	2	3	<b>17</b>	07-09-19	10 D	12	4	3	<b>19</b>	07-04-03	1 G	26	12	11		<b>49</b>	
07-11-21	7 A	20	6	3	<b>29</b>	07-11-21	10 D	17	3	5	<b>24</b>	07-11-21	1 G	19	16	13		<b>48</b>	
08-04-22	7 A	22	15	7	<b>43</b>	08-04-22	10 D	32	2	2	<b>35</b>	08-09-15	1 G	22	9	14		<b>45</b>	
08-09-15	7 A	8	3	3	<b>14</b>	08-09-15	9 D	16	4	3	<b>23</b>	08-11-27	1 G	18	9	7		<b>34</b>	
08-11-27	7 A	12	3	3	<b>17</b>	08-11-27	10 D	21	5	3	<b>29</b>	08-04-22	1 G	23	12	32		<b>67</b>	
06-05-20	5 B	20	6	2	<b>28</b>	06-05-20	8 E	42	8	6	<b>56</b>	06-05-20	6 H	21	7	3		<b>31</b>	
06-08-30	5 B	22	4	2	<b>28</b>	06-08-30	8 E	25	9	5	<b>38</b>	06-08-30	6 H	21	12	4		<b>37</b>	
						06-08-30	8 E-0N	19	6	2	<b>28</b>								
06-11-14	5 B	21	3	3	<b>27</b>	06-11-14	8 E	27	7	18	<b>53</b>	06-11-14	6 H	19	4	6		<b>29</b>	
						06-11-14	8 E-0N	27	9	14	<b>49</b>								
07-04-03	5 B	29	4	3	<b>35</b>	07-04-03	8 E	32	13	9	<b>54</b>	07-04-03	6 H	28	4	6		<b>37</b>	
07-09-19	5 B	11	2	1	<b>14</b>	07-09-19	8 E	25	5	6	<b>36</b>	07-09-19	6 H	22	8	4		<b>34</b>	
						07-09-19	8 E-0N	16	3	3	<b>21</b>								
07-11-21	5 B	17	3	1	<b>21</b>	07-11-21	8 E	22	10	9	<b>41</b>	07-11-21	6 H	17	3	5		<b>25</b>	
08-04-22	5 B	24	3	2	<b>29</b>	08-04-22	8 E	32	12	12	<b>55</b>	08-04-22	6 H	24	2	3		<b>30</b>	
08-09-15	5 B	18	3	2	<b>22</b>	08-09-15	8 E	25	5	7	<b>36</b>	08-09-15	6 H	16	8	6		<b>30</b>	
						08-09-15	8 E-0N	27	4	4	<b>36</b>								
08-11-27	5 B	19	5	1	<b>25</b>	08-11-27	8 E	21	7	6	<b>34</b>	08-11-27	6 H	19	10	6		<b>35</b>	
06-05-20	2 C	18	10	9	<b>36</b>	06-05-20	3 F	51	23	18	<b>92</b>	06-05-20	9 I	27	17	19		<b>63</b>	
06-08-30	2 C	17	7	6	<b>30</b>	06-08-30	3 F	37	16	8	<b>60</b>	06-08-30	9 I	22	13	12		<b>47</b>	
06-08-30	2 C-0N	17	2	3	<b>22</b>	06-08-30	3 F-0N	32	10	4	<b>46</b>	06-08-30	9 I-0N	18	5	10		<b>34</b>	
06-11-14	2 C	15	6	11	<b>32</b>	06-11-14	3 F	37	9	22	<b>68</b>	06-11-14	9 I	21	10	18		<b>49</b>	
						06-11-14	3 F-0N	27	12	23	<b>62</b>	07-04-03	9 I	39	11	9		<b>59</b>	
07-04-03	2 C	30	9	8	<b>48</b>	07-04-03	3 F	34	16	11	<b>61</b>	07-09-19	9 I	21	7	7		<b>35</b>	
07-09-19	2 C	19	8	7	<b>35</b>	07-09-19	3 F	28	9	7	<b>44</b>	07-09-19	9 I-0N	17	5	5		<b>26</b>	
07-09-19	2 C-0N	13	2	3	<b>19</b>	07-09-19	3 F-0N	21	5	5	<b>31</b>	07-11-21	9 I	28	11	9		<b>48</b>	
07-11-21	2 C	22	8	9	<b>39</b>	07-11-21	3 F	30	13	10	<b>52</b>	08-04-22	9 I	30	14	15		<b>58</b>	
08-04-22	2 C	15	10	9	<b>35</b>	08-04-22	3 F	25	11	13	<b>49</b>	08-09-15	9 I	20	6	9		<b>34</b>	
08-09-15	2 C	14	6	6	<b>26</b>	08-09-15	3 F	29	7	9	<b>44</b>	08-09-15	9 I-0N	20	8	12		<b>39</b>	
08-09-15	2 C-0N	17	5	5	<b>27</b>	08-09-15	3 F-0N	28	10	7	<b>45</b>	08-11-27	9 I	17	5	7		<b>29</b>	
08-11-27	2 C	13	4	5	<b>21</b>	08-11-27	3 F	22	8	7	<b>37</b>								
06-05-20	4 J	27	7	5	<b>38</b>	06-05-20	11 K	17	11	6	<b>34</b>	06-05-20	13 L	27	9	5		<b>40</b>	
06-08-30	4 J	30	17	4	<b>51</b>	06-08-30	11 K	17	11	8	<b>35</b>	06-08-30	13 L	11	8	5		<b>24</b>	
06-08-30	4 J-0N	23	9	4	<b>36</b>	06-11-14	11 K	17	7	10	<b>34</b>	06-11-14	13 L	13	7	7		<b>27</b>	
06-11-14	4 J	29	10	21	<b>60</b>	07-04-03	11 K	19	10	8	<b>37</b>	07-04-03	13 L	13	6	8		<b>27</b>	
07-04-03	4 J	46	19	13	<b>78</b>	07-09-19	11 K	13	5	3	<b>21</b>	07-09-19	13 L	16	6	4		<b>25</b>	
07-09-19	4 J	19	5	7	<b>31</b>	07-11-21	11 K	13	6	5	<b>24</b>	07-11-21	13 L	8	3	4		<b>14</b>	
07-09-19	4 J-0N	17	9	7	<b>32</b>	08-04-22	11 K	19	5	3	<b>28</b>	08-04-22	13 L	26	3	3		<b>32</b>	
07-11-21	4 J	21	9	9	<b>39</b>	08-09-15	11 K	18	5	4	<b>27</b>	08-09-15	13 L	16	6	3		<b>25</b>	
08-04-22	4 J	38	13	13	<b>63</b>	08-11-27	11 K	12	8	5	<b>25</b>	08-11-27	13 L	12	6	3		<b>21</b>	
08-09-15	4 J	26	5	7	<b>38</b>														
08-09-15	4 J-0N	28	6	8	<b>42</b>	06-05-20	12 K	18	10	7	<b>35</b>	06-05-20	14 L	16	8	5		<b>28</b>	
08-11-27	4 J	23	8	7	<b>38</b>	06-08-30	12 K	12	11	7	<b>30</b>	06-08-30	14 L	12	8	5		<b>25</b>	
						06-11-14	12 K	13	6	7	<b>26</b>	06-11-14	14 L	10	4	5		<b>20</b>	
						07-04-03	12 K	15	6	5	<b>27</b>	07-04-03	14 L	12	4	4		<b>20</b>	
						07-09-19	12 K	14	7	5	<b>25</b>	07-09-19	14 L	14	6	5		<b>26</b>	
						07-11-21	12 K	14	5	5	<b>24</b>	07-11-21	14 L	11	3	5		<b>19</b>	
						08-04-22	12 K	27	6	4	<b>38</b>	08-04-22	14 L	14	4	3		<b>20</b>	
						08-09-15	12 K	16	5	4	<b>25</b>	08-09-15	14 L	19	5	4		<b>28</b>	
												08-11-27	14 L	12	6	4		<b>21</b>	

#### Utlakning av kväve

Inför efterverkansstudierna gjordes den sista flytgodsetillförseln våren 2005 i led I och J respektive hösten 2005 i led E och F. Ledens beteenden hösten-vintern 2005 var typiska. Figur 6 visar kvävekoncentrationerna i dräneringsvattnet under detta år och de tre efterverkansåren. I figur 7 finns

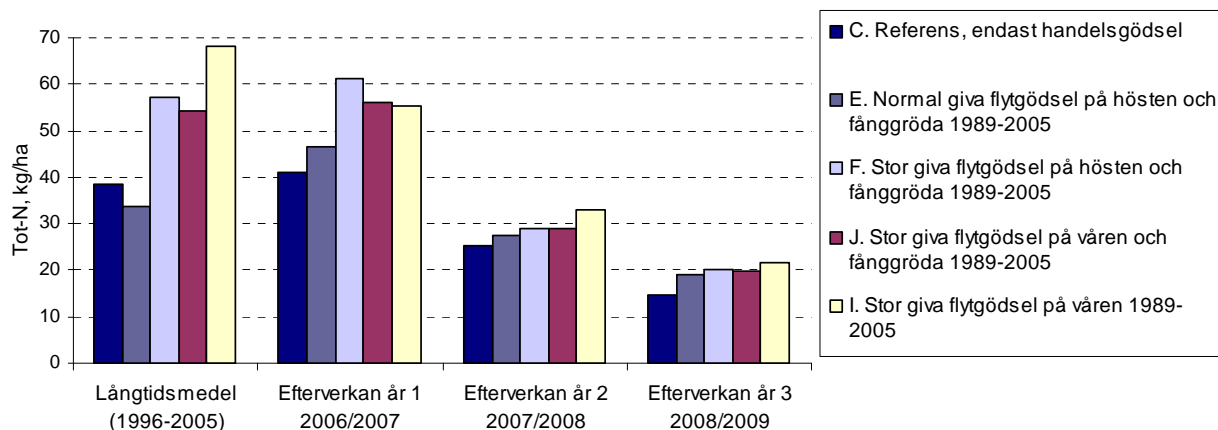


även information om långtidsmedelvärdet för utlakningen i de olika leden före avbrottet i behandlingarna. Tabell 9 innehåller mer detaljerad information om avrinning och utlakning. Stor flytgödselgiva på våren gav upphov till kraftigt förhöjd utlakning (I) såvida inte marken var bevuxen med fånggröda (J). Flytgödselspridning på fånggröda under hösten fungerade relativt bra så länge givan var måttlig (E). Vid stor höstgiva kunde inte fånggrödan tömma marken på kväve trots att den växte bra (F). Från och med 2006 behandlades sedan alla led som visas i figur 6 och 7 lika som referensled C, dvs ingen stallgödseltillförsel och inga fånggrödor. Under efterverkansår 1 (höst 2006-vår 2007) fanns tydliga skillnader i dräneringsvattenkoncentrationer jämfört med referensled C. Särskilt led F, med en historia av dubbel stallgödselgiva på hösten med frodiga fånggrödor utmärkte sig med högst koncentrationer av kväve i dräneringsvattnet. Även under efterverkansår 2 (höst 2007-vår 2008) var koncentrationerna av kväve förhöjda i efterverkansleden, särskilt de som haft stora stallgödselgivor. Under det tredje efterverkansåret (höst 2008-vår 2009) verkade skillnaderna ha börjat klinga av, men överlag var kvävekoncentrationerna detta år låga. Om man jämför utlakningsförlusterna var de relativa skillnaderna mellan led C och efterverkansleden inte så stora mellan de olika efterverkansåren, figur 7. I led E med en historia av normala stallgödselgivor var utlakningen 10-25% högre under efterverkansåren. I led F, som visat på störst mineralisering under växtsäsongen var utlakningen 15-50% större under efterverkansåren. I led I och J var motsvarande siffra 15-40%. Minst efterverkans effekt på utlakningen mättes efterverkansår 2, då även kvävemineraliseringsberäkningarna visade på små ledskillnader. Resultaten tyder på att de effekter på utlakningen man ser är något mer än bara en kortsiktig ökning av kväveutlakningen som kan förväntas året närmast efter en stallgödselgiva. Om man följer resonemanget beträffande kvävemineraliseringen ovan skulle nettomineraliseringen av kväve utanför odlings säsongen kunna vara upp till 15 kg större till följd av ökningen av markens kväveförråd i leden med stora givor stallgödsel och fånggröda. Om man antar att ca en tredjedel orsakar en utlakning av kväve skulle det motsvara max 5 kg kväve per ha och år, vilket stämmer ganska väl med läckagemätningarna.



Figur 6. Månadsmedelkoncentrationer av totalkväve i dräneringsvattnet. Efter hösten 2005 behandlades alla led som referensled C.

1:a efterverkansåret	2:a efterverkansåret	3:e efterverkansåret
----------------------	----------------------	----------------------



Figur 7. Utlakning av totalkväve (kg /ha och år). Långtidsmedelvärde visar utlakning från olika behandlingar, medan staplarna märkta med efterverkansår visar utlakning efter det att behandlingarna avbrutits och alla led behandlats som referensled C.

#### Uppbyggnad av fosfor i marken till följd av stallgödseltillförsel

I försöket finns inget led som är helt ogödslat vad gäller fosfor. I alla leden utan flytgödsel har knappt 20 kg P/ha tillförts varje år i till stråsäd form av handelsgödsel. Potatis har fått större givor. Som medeltal över åren är det något mindre än vad som tillförts med flytgödseln i leden med normal giva flytgödsel. I led som fått stora givor flytgödsel har tillförseln av fosfor av naturliga skäl blivit större. Tabell 9 visar en fosforbalansberäkning för rutorna 1-10 under perioden 1989-2005 där flöden med gödsel, skörd och utlakning beaktats. Mellbyjorden är fosforrik, vilket har att göra med en lång historia av stallgödseltillförsel. I medeltal innehåller matjorden 28 mg P/100g jord vilket motsvarar fosforklass V. Balansberäkningarna tyder på att det skett en uppbyggnad av markens fosforinnehåll sedan 1989, särskilt i leden med stora givor flytgödsel. Bortförsel med skörd var mindre än vad som årligen tillförts. Utlakningsförlusterna var ett mycket litet flöde i sammanhanget. De utgjorde ofta mindre än 1% av bortförslin. Markens fosforstatus har undersökts vid tre tillfällen sedan 1988, men resultaten visar ingen tydlig ökning i något av leden. Det finns en tendens till ökning i några led (tabell 10), men förändringen ligger förmodligen inom mätningarnas felmarginal. Uppbyggnaden är så pass liten i förhållande till markens totala fosforinnehåll att det ej ger tydligt utslag i mätningarna. Det var därför heller inte förvånande att de olika behandlingarna gav några tydliga efterverkans effekter på fosforutlakningen, se nedan.

Tabell 9 Flöden av fosfor (kg/ha och år) till och från försöksrutor under åren 1989-2005, markens P-AL-tal mätt hösten 2005 och dessförändring sedan mätning 1988

Behandling till 2005	Tillfört med gödsel	Bortfört med skörd	Utlakning	Balans	P-AL	Förändring av P-AL sedan 1988
					kg/ha och år	
A-7 Ingen kvävegödsel	25	9	0.28	16	24	-0.2
B-5 Ingen kvävegödsel med fånggröda	25	10	0.19	15	29	0.4
C-2 Endast handelsgödsel	25	19	0.14	6	24	-0.8
D-10 Endast handelsgödsel med fånggröda	25	19	0.20	6	25	0.2
E-8 Normala flytgödselgiva på hösten med fånggröda	32	16	0.20	15	31	3
F-3 Stora flytgödselgiva på hösten med fånggröda	47	20	0.12	27	35	2.6
G-1 Normala flytgödselgiva på våren	35	20	0.20	15	23	0.1
H-6 Normala flytgödselgiva på våren med fånggröda	35	19	0.24	15	23	0.2
I-9 Stora flytgödselgiva på våren	49	19	0.17	30	31	4.3
J-4 Stora flytgödselgiva på våren med fånggröda	51	20	0.17	31	34	1.7

Tabell 10. Årlig avrinning (mm), årlig utlakning (1 juli-31 juli) av kväve, fosfor och kalium samt årsmedelkoncentrationer av dessa ämnen

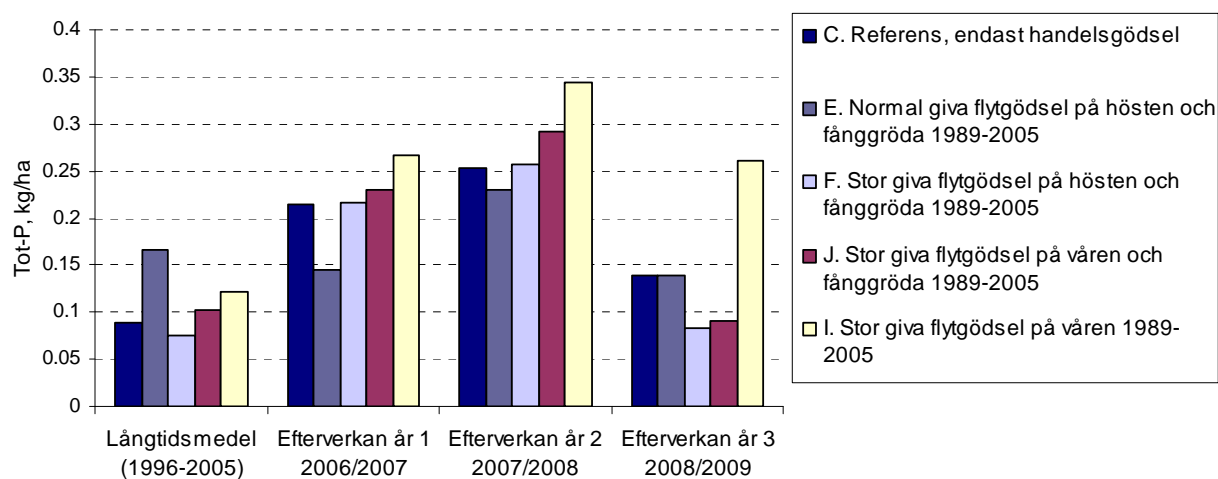
Led- ruta	N- gödsl.	Fång- gröda	Jord- bearb.	Avrinning Läckage (kg/ha)				Konc. i dräneringsvattnet (mg/l)				
				(mm)	NO <sub>3</sub> -N	Tot-N	Tot-P	K	NO <sub>3</sub> -N	Tot-N	Tot-P	K
<i>2006/07</i>												
A-5	0N		höst	369	4.6	7.9	0.18	38	1.2	2.2	0.048	10.2
B-7	0N	Eng. rajgr.	vår	323	16	20	0.35	36	5.0	6.3	0.108	11.2
C-2	hg		höst	390	36	41	0.21	33	9.2	10.5	0.055	8.5
D-10	hg	Eng. rajgr.	vår	412	11	14	0.29	32	2.6	3.5	0.069	7.8
E-8	hg		höst	362	41	46	0.23	37	11.4	12.8	0.064	10.3
F-3	hg		höst	344	52	61	0.15	45	15.1	17.8	0.042	12.9
G-1	flytg.		höst	468	49	55	0.24	43	10.4	11.7	0.050	9.2
H-6	flytg.	Eng. rajgr.	vår	374	13	17	0.25	33	3.4	4.5	0.066	8.9
I-9	hg		höst	379	50	55	0.27	44	13.2	14.6	0.071	11.7
J-4	hg		höst	359	50	56	0.22	47	13.9	15.6	0.060	13.0
K-11	hg		vår	530	29	34	0.23	49	5.5	6.3	0.044	9.3
K-12	hg		vår	407	20	25	0.33	29	5.0	6.0	0.081	7.2
L-13	hg	rödsvingel	vår	449	18	22	0.27	41	4.0	4.9	0.060	9.2
L-14	hg	rödsvingel	vår	499	21	26	0.37	40	4.2	5.3	0.075	7.9
<i>2007/08</i>												
A-5	0N		höst	322	1.0	3.6	0.17	37	0.3	1.1	0.052	11.4
B-7	0N	Eng. rajgr.	vår	263	5.2	7.6	0.29	34	2.0	2.9	0.112	12.9
C-2	hg		höst	360	21	25	0.25	27	5.9	7.0	0.070	7.6
D-10	hg	Eng. rajgr.	vår	415	6.8	9.7	0.30	34	1.6	2.3	0.073	8.1
E-8	hg		höst	353	22	28	0.29	35	6.2	7.8	0.083	9.9
F-3	hg		höst	302	24	29	0.23	36	7.8	9.6	0.076	11.9
G-1	flytg.		höst	467	32	38	0.38	39	7.0	8.2	0.081	8.4
H-6	flytg.	Eng. rajgr.	vår	369	9.5	13	0.26	32	2.6	3.5	0.071	8.7
I-9	hg		höst	361	27	33	0.34	42	7.5	9.1	0.095	11.7
J-4	hg		höst	307	25	29	0.26	38	8.0	9.5	0.083	12.3
K-11	hg		vår	558	10	14	0.44	52	1.8	2.4	0.079	9.4
K-12	hg		vår	512	12	16	0.43	40	2.4	3.2	0.084	7.9
L-13	hg	rödsvingel	vår	499	10	12	0.25	47	1.9	2.5	0.051	9.4
L-14	hg	rödsvingel	vår	465	10	14	0.38	38	2.1	2.9	0.082	8.1
<i>2008/09</i>												
A-5	0N		höst	220	2.9	4.5	0.087	27.1	1.3	2.0	0.040	12.3
B-7	0N	Eng. rajgr.	vår	158	2.6	4.5	0.089	17.6	1.6	2.8	0.056	11.1
C-2	hg		höst	229	12	15	0.139	19	5.3	6.4	0.061	8.3
D-10	hg	Eng. rajgr.	vår	268	7.2	10	0.090	20.6	2.7	3.7	0.034	7.7
E-8	hg		höst	226	16	19	0.140	17.3	7.0	8.4	0.062	7.7
F-3	hg		höst	200	16	20	0.083	20.1	8.2	10.1	0.041	10.1
G-1	flytg.		höst	297	19	24	0.105	24.7	6.3	8.0	0.035	8.3
H-6	flytg.	Eng. rajgr.	vår	214	18	21	0.067	19.4	8.5	9.8	0.031	9.0
I-9	hg		höst	231	19	22	0.262	22.6	8.1	9.3	0.113	9.8
J-4	hg		höst	215	17	20	0.091	23.4	7.8	9.2	0.042	10.8
K-11	hg		vår	381	22	23	0.085	32.7	5.7	6.1	0.022	8.6
K-12	hg		vår	333	20	24	0.128	24.5	5.9	7.1	0.038	7.3
L-13	hg	rödsvingel	vår	331	11	14	0.137	31.1	3.3	4.4	0.041	9.4
L-14	hg	rödsvingel	vår	344	19	23	0.206	27.2	5.4	6.7	0.060	7.9

### Utlakning av fosfor

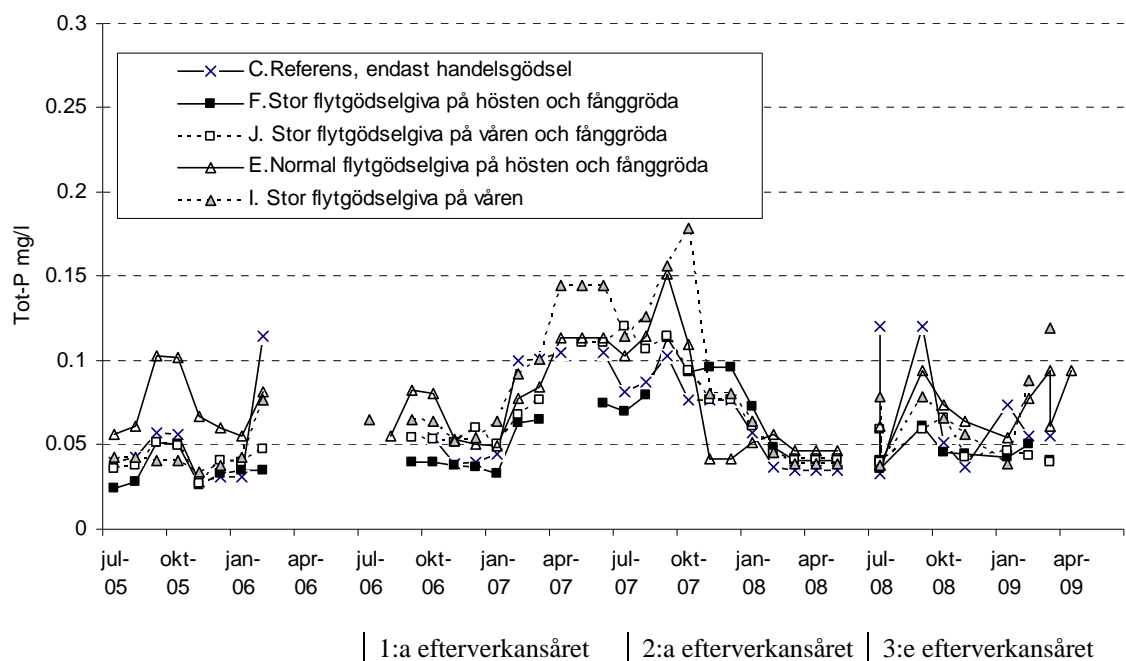
Avrinning och årlig utlakning av totalfosfor framgår av tabell 10. I figur 8 visas ett långtidsmedelvärde för tio år tillsammans med värden för de tre efterverkansåren. Figur 9 visar fosforkoncentrationernas dynamik under fyra år. Långtidsmedelvärdet för 1996-2006 visar på en markant större utlakning av fosfor från led E som fått stallgödsel på hösten i normal giva än från övriga led. Detta var ett fenomen som uppträdde under flertalet av åren 1996-2006, men under efterverkansåren var utlakningen inte större än från exempelvis led C. I led F med större stallgödselgivor var utlakningen ofta inte högre än från normal-gödslade led. Det är möjligt att de hydrologiska förutsättningarna i rutan med led E eller alvens bindningsförmåga för fosfor avviker från flera av de andra rutorna och att en fosforgiva på hösten ger stor påverkan på utlakningen från just denna ruta. På rutan med led F däremot verkar fosfor inte löpa risk att transporteras ned till dräneringsledningarna. Eftersom försöket inte innehöll några upprepningar är det svårt att närmare analysera orsakerna. Några tydliga efterverkans effekter av olika fosforgödsling under de senaste 20 åren kunde inte konstateras. En av rutorna (led I) hade stor fosforutlakning under det sista året vilket berodde på höga fosforkoncentrationer under våren 2009, men det kunde inte kopplas till gödslingen av fosfor som skedde senare under våren.

Studier har visat (Börling, 2003) att det generellt finns ett samband mellan jordens fosforstatus och risken för utlakning av fosfor. Särskilt om markens fosformättnadsgrad är hög, dvs när markens bindningsförmåga börjar avta, så ökar risken. Bindningsförmågan (sorptionskapaciteten) hänger främst samman med mängden aluminium och järn i marken som kemiskt fastlägger fosfor. I ett projektarbete utfördes markkemiska analyser i led C, I och J vid Mellby tillsammans med några rutor på mojord i ett utlakningsförsök vid Lilla Böslid. Vid Lilla Böslid har ingen stallgödsel tillförts på många år och jorden har en fosforstatus som motsvarar P-AL-klass III. Jämförelser av de två försöksplatserna visade att fosformättnadsgraden i marken var betydligt högre vid Mellby och sorptionsindex lägre än vid Lilla Böslid. Det fanns ett statistiskt samband mellan hög fosformättnadsgrad respektive lågt sorptionsindex och högre koncentrationer av fosfor i dräneringsvattnet när data från de två platserna jämfördes.

Fosforutlakningen vid Mellby är inte anmärkningsvärt hög på något vis utan ligger ganska väl inom det intervall man räknar med på lätta jordar i södra Sverige (SNV, 2008). Förmodligen har alven vid Mellby stor betydelse för att dämpa läckagerisken av många års stallgödseltillförsel.



Figur 8. Utlakning av totalfosfor (kg /ha och år). Långtidsmedelvärdet visar utlakning från olika behandlingar, medan staplarna märkta med efterverkansår visar utlakning efter det att behandlingarna avbrutits och alla led behandlats som referensled C.



Figur 9. Månadsmedelkoncentrationer av totalfosfor i dräneringsvattnet. Efter hösten 2005 behandlades alla led som referensled C.

### Insådda fånggrödor och tidpunkter för jordbearbetning

I och med att ytterligare fyra försöksrutor infördes i planen under slutet av 90-talet fanns möjligheter att närmare jämföra olika brytningstidpunkter för rajgräsfånggrödor. Vid Mellby hade tidigare endast fånggröda med vårbrytning jämförts med mark som bearbetades tidigt på hösten. Under några år studerades sen höstplöjning med och utan fånggröda och från och med 2006 vårplöjning med och utan fånggröda. Dessutom testades odling av rödsvingel som fånggröda. Under det sista åren bröts fånggrödor kemiskt den 8 oktober vilket också kan bidra med information om fånggrödors effekt när de endast fick växa en begränsad tid.

#### Samlade slutsatser angående tidpunkt för jordbearbetning

Den samlade erfarenheten angående olika jordbearbetningstidpunkter och odling av fånggrödor inom hela projektet (4 försöksplatser) visar att både senareläggning av jordbearbetning från september till sen höst och till efterföljande vår leder minskad utlakning på försöksplasterna med lättare jordar (Mellby, mojord; Fotegården, mojord och Lönnstorp, lättlera). Hur stor del av effekten som beror på utebliven omblandning av jorden och hur stor del som beror på ogräsets kväveupptag varierar sannolikt mellan åren, men att ogrästtillväxt har en betydelse som fånggröda visades bland annat på Lönnstorp under den senaste försöksperioden, där ogräset bildade kraftig fånggrödevegetation i en stubträda (Aronsson et al., 2009).

På den styva lerjorden vid Lanna försöksstation däremot har senarelagd jordbearbetning på hösten inte haft samma tydliga effekt som på de lätta jordarna. Under en försöksperiod under 1990-talet studerades odling av fånggröda, vilken visade sig kunna bidra en del till att minska kväveutlakningen genom sitt kväveupptag (Lindén et al., 1993). Den rena jordbearbetningseffekten var däremot inte så tydlig. Studier i en höstveteväxtföljd 2000-2005 visade att jordbearbetning i november inte innebar någon utlakningsminskning jämfört med jordbearbetning i september (Aronsson et al., 2006).

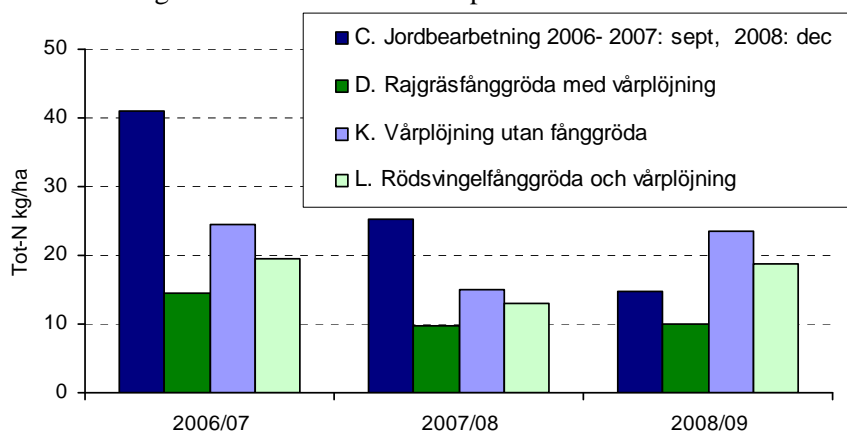
#### Olika nedbrukningstidpunkter för fånggrödor på Mellby

Resultat från olika perioder på Mellby visar alltså att både senareläggning av jordbearbetningen till sen höst liksom ända till våren har påtaglig effekt på kväveutlakningen, men att odling av fånggröda minskar utlakningen ytterligare, förutsatt att det är engelskt rajgräs som odlas. Två år med rödsvingelfånggröda på Mellby, figur 10, visade att denna fånggröda hade sämre effekt på utlakningen vilket berodde på ett litet kväveupptag i fånggrödan. Under senhöst 2006 innehöll fånggröda av rödsvingel 11,5 kg N/ha i



ovanjordisk biomassa medan rajgräsfånggrödan hade ett kväveinnehåll på 19 kg/ha. Figur 11 visar foto av rödsvingel- respektive rajgräsfånggröda i början av september 2009

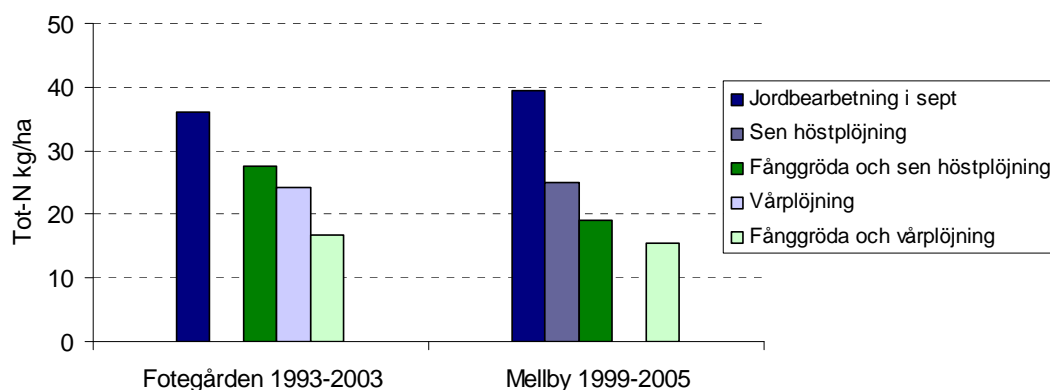
Att plöja ned fånggrödan på senhösten, ca 20 november, fungerade rätt bra på Mellby under åren 1999-2005, figur 12 b. Utlakningen blev endast något större än i samband med vårbrytning av fånggröda. En förutsättning var att fånggrödan verkligen fick växa fram till mekanisk brytning sent på hösten. Vid Fotegården var skillnaderna mellan höst- och vårbrytning större än vid Mellby, vilket är svårt att förklara orsaken till, figur 12 a. Tidigare erfarenheter från försök med kemisk brytning av fånggrödor på hösten visar just att det är viktigt att fånggrödan får växa länge under hösten för att den ska ha riktigt god effekt (Aronsson & Stenberg, 2007). Kemisk brytning av fånggröda i oktober visade där att fånggrödans kapacitet utnyttjades sämre. Hösten 2008 vid Mellby behandlades alla rutor med glyfosat 8 oktober, figur 10, och led C plöjdes i december utan föregående stubbearbetning. Rajgräsfånggrödan hade, som det verkade, en viss effekt även vid avdödning i början av oktober eftersom utlakningen var lägst i detta led. Mätningarna av mineralkväve visade dock på att det skedde en ökad ansamling av utlakningsbart kväve efter den kemiska brytningen av fånggröda. Detta år var mängden mineralkväve i marken på senhösten något större i led D jämfört med led C utan fånggröda, figur 13. I led C var å andra sidan mängden mineralkväve i marken mindre än tidigare år vilket tydde på att utlakningsrisken var lägre än efter stubbearbetning under första halvan av september.



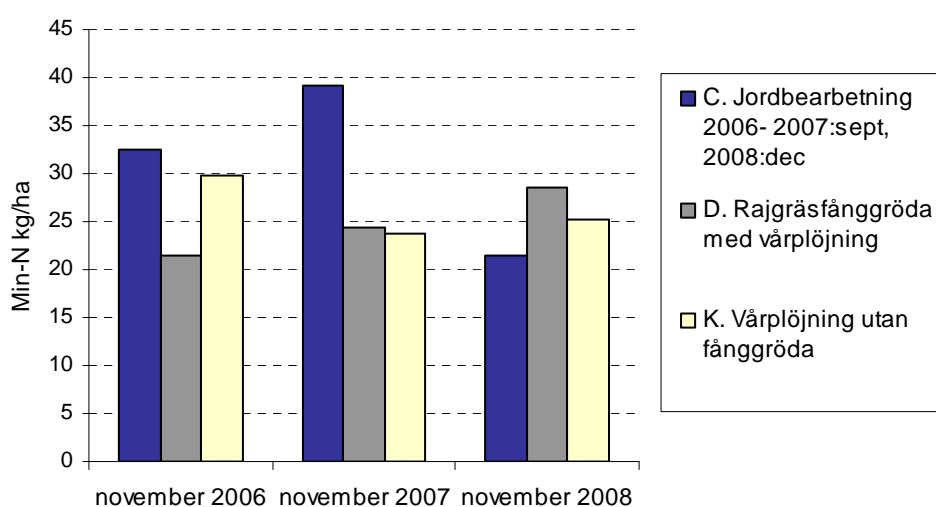
Figur 10. Årsutlakning (1 juli-30 juni) av totalkväve (kg/ha och år) från försöksled vid Mellby med jordbearbetning på hösten eller på våren med och utan fånggröda. Hösten 2008 behandlades alla rutor med Roundup 8 oktober och jordbearbetning i led C utfördes först 12 december.



Figur 11. Två olika typer av fånggröda ett par veckor efter skörd vid Mellby hösten 2009. Till vänster rödsvingel (*Festuca rubra*) och till höger engelskt rajgräs (*Lolium perenne*). 2009-09-08.



Figur 12. Årlig medelutlakning av totalkväve (kg/ha och år) vid Fotegården och Mellby med jämförelser av olika tidpunkter för jordbearbetning samt med och utan odling av fånggröda. Led med sen höstplöjning utan fånggröda fanns endast vid Mellby.



Figur 13. Mängden mineralkväve i marken på senhösten. I led C utfördes stubbearbetning i september under 2006 och 2007. Under 2008 behandlades alla led med Roundup och jordbearbetning i led C gjordes först i december.

## SLUTSATSER

Fånggrödor och olika tidpunkter för jordbearbetning har studerats under många år i försöket vid Mellby. Viktiga slutsatser från studierna var bland annat att senarelagd jordbearbetning till sent på hösten eller ända till våren har en påtaglig utlakningsdämpande effekt på lätt jord, särskilt i kombination med en insådd fånggröda. Det skiljer sig från resultat inom samma projekt på styv lerjord där senarelagd jordbearbetning på hösten inte medfört minskat läckage. Däremot kan en fånggrödans kväveupptag under hösten minska kväveutlakningen även från styv lera. Fånggrödan på lätt jord har bäst effekt i samband med vårplöjning, men även en höstplöjd fånggröda minskar läckaget. Engelskt rajgräs fungerar bättre än rödsvingel som fånggröda genom att den tar upp mer kväve under hösten.

Försöket vid Mellby har en lång historia av stallgödseltillförsel som avbröts i vissa led i och med försökets anläggning 1983. För leden utan stallgödseltillförsel, särskilt de utan odling av fånggröda, var trenden för markens kväveförråd sedan negativ. Behandlingar med stora givor flytgödsel och odling av fånggröda har inneburit en ökning av markens kväveförråd. Under de senaste 16 åren har kväveöverskottet uppskattats till något tusental kg/ha, vilket innebär en ökning av markens kväveförråd med drygt 10%. Störst har ökningen varit vid kombination av stora flytgödselgivor och odling av fånggröda som sparat kväve undan utlakning.

*Efterverkansstudier av olika behandlingar gav upphov till följande slutsatser angående effekten av markens förändringar:*

Det verkar finnas mätbara långsiktiga effekter av de olika behandlingarna på markens kvävelevererande förmåga. Ökad kväveminerisering och ökad utlakning observerades i efterverkansleden. Under det tredje efterverkansåret var utlakningen 4-7 kg större i efterverkansleden jämfört med referensledet, vilket motsvarade 25-45% större utlakning.

Trots att mätningar visade på en ökad mineraliseringen under växtsäsongen i efterverkansleden, åtminstone ett av åren, avspeglades inte detta i form av ökade skördar i dessa led jämfört med i referensledet. Det kan bero på att andra okända faktorer än kvävetillgången påverkade skördenivån i försöksrutorna.

Jorden vid Mellby har en uthållig potential att leverera kväve. I ett led som inte gödslats sedan 1983 ligger skördenivån än så länge relativt stabilt på i medeltal 40% av den i referensledet.

Jorden vid Mellby har också, till följd av odlingshistorien i ett längre perspektiv, generellt en mycket god fosforstatus. Skillnader i behandlingar under försökets gång visar på en svag tendens till ökning eller minskning utifrån mätta värden 1988, men förändringarna är små. En god fosforbindningsförmågan i alven bidrar troligen till att fosforutlakningen är måttlig, i medeltal 0,23 kg/ha och år. Det fanns ingen systematisk skillnad i fosforutlakning mellan efterverkansleden och referensledet. I en av rutorna innebar emellertid avbruten stallgödseltillförsel på hösten och avbruten odling av fånggröda från och med 2006 att fosforutlakningen minskade under de efterföljande åren.

## **REFERENSER**

- Aronsson, H., Torstensson, G. Och Lindén, B. 2003. Långliggande utlakningsförsök på lätt jord i halland och Västergötland. Effekter av flytgödseltillförsel, insådda fånggrödor och olika jordbearbetningstidpunkter på kvävedynamiken i marken och kväveutlakningen. Resultat från perioden 1998-2002. Ekohydrologi nr 74. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Aronsson, H., Lindén, B., Stenberg, M., Torstensson, G., Rydberg, T. and Forkman, J. 2006. Växtnäringsutlakning från en lerjord med höstveteväxtföljd och vallträda. Ekohydrologi nr 93, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Aronsson, H. & Stenberg, M. 2007. Utlakning av kväve, fosfor och glyfosat i samband med kemisk brytning av fånggrödor. Rapport från växtodlings- och växtskydds dagar i Växjö 5-6 dec 2007. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet nr 60
- Aronsson, H., Stenberg, M. och Rydberg, T. 2009. Kväve- och fosforutlakning från två växtföljder på lerjord med grön- och stubbträda. Ekohydrologi 113, Enheten för biogeofysik och vattenvård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Börling, K. 2003. Phosphorus sorption, accumulation and leaching. Agraria 428. Doktorsavhandling, SLU, Uppsala.
- Lindén, B., Gustafson, A., Torstensson, G. & Ekre, E. 1993. Mineralkvävedynamik och växtnäringsutlakning på en grovmojord i södra Halland med handels- och stallgödslade odlingssystem med och utan insådd fånggröda. Ekohydrologi nr 30, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén, B., Aronsson, H., Gustafson, A. och Torstensson, G. 1993. Fånggrödor, direktsådd och delad kvävegiva -studier av kväveverkan och utlakning i olika odlingssystem i ett lerjordsförsök i Västergötland. Ekohydrologi nr. 33, Avd. för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Sluijsmans, CMJ & Kolenbrander, GJ. 1977. The significance of animal manure in soils Proc Int Sem Soil Environ and Fert Manag in Intensive Agric, Tokyo, Japan, pp 403-411
- SNV, 2008. Läckage av näringsämnen från svensk åkermark. Naturvårdsverket rapport 5823.
- Torstensson, G. and Aronsson, H. 2000. Nitrogen leaching and crop availability in manured catch crop systems. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 56(2): 139-152.