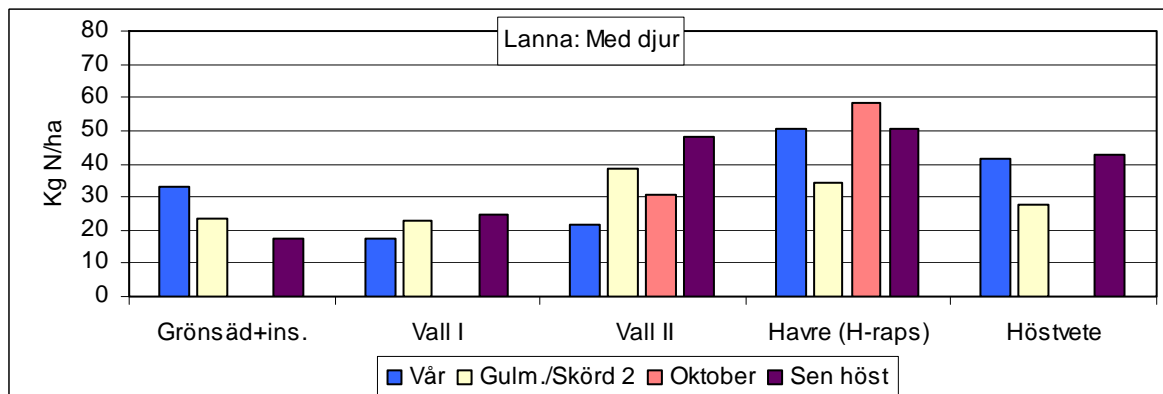


Gunnar Torstensson och Helena Aronsson

Ekologisk odling - Utlakningsrisker och kväveomsättning

Odlingssystem med och utan djur på sandjord i Halland och på lerjord i Västergötland

Slutrapport för utlakningsperioden juli 2004 till juni 2007



Tillkännagivanden

Det redovisade försöket har bedrivits med medel från Jordbruksverket och Sveriges lantbruksuniversitet. Projektet är ett samarbetsprojekt mellan avdelningen för vattenvårdslära, vid SLU i Uppsala och Hushållningssällskapet i Halland resp. Lanna försöksstation, SLU, Skara.

Lantbrukare Bertil Bengtsson på Forslunds gård har välvilligt ställt försöksmarken vid Mellby till förfogande.

Ansvar för den praktiska skötseln av försöksfält, mätutrustning samt provtagning av vatten, jord och grödor har vid Lanna legat på försöksledare Rolf Tunared med medarbetare, och vid Mellby på försöksledarna Erik Ekre och Magnus Håkansson tillsammans med sina medarbetare på Hushållningssällskapet.

Gröd- och skördeprover har preparerats och analyserats på avdelningen för växtnäringslära vid SLU, som också har analyserat alla jordprover för mineralkvävebestämning. Vattenprover har analyserats på vattenvårdsläras laboratorium (Swedak-ackrediterat).

Under perioden har en av SJV utsedd referensgrupp varit knuten till projektet. Gruppen har bestått av representanter för SJV, LRF, eko-rådgivare i Halland och Västra Götaland samt två lantbrukare, en från vardera länet. Referensgruppen har träffats ca två gånger per år.

Innehållet i denna rapport har sammanställts, bearbetats och presenterats av Gunnar Torstensson, (SLU).

INLEDNING

I föreliggande rapport presenteras resultat från det långliggande projektet ”Ekologisk odling - utlakningsrisker och kväveomsättning”. Projektet har under den aktuella perioden bedrivits med medel från SLU och Jordbruksverket. I försöken studeras de långsiktiga effekterna på mark och miljö av ekologisk odling i fyra realistiska odlingssystem.

Denna rapport redogör för de viktigaste resultaten under perioden juli 2004 till och med juni 2007. Från och med budgetåret 2007 upphörde stödet från SJV vilket har medfört att undersökningen nu gått ner på en miniminivå. Odlingssystem samt mätning av bortförda skördar och utlakning kommer att ”hållas vid liv” men t.ex. jord- och grödprovtagningar upphör praktiskt taget helt.

Vid utformningen av odlingsåtgärder mm har man redan från början försökt att införliva de samlade kunskaperna från olika mer specifikt inriktade utlakningsstudier i för trakten verklighetsnära växtföljder och odlingssystem. Detta har bl.a. inneburit att all nötflytgödsel i odlingssystemet med djurhållning spridits på våren eller tidigt på sommaren till växande gröda. Detta medför lägre utlakningsförluster och bättre växtnäringsutnyttjande än om en del av gödseln spridits på hösten. Det innebär också att resultaten eventuellt speglar ett mer optimerat system än som kanske föreligger i praktiken.

MÅL

Projektets övergripande mål har varit att klarlägga de möjliga miljövinster som kan nås med ekologisk odling med tanke på odlingens inverkan på vattensystemen. Dessutom har följande moment särskilt beaktas.

- Belysa kväveutlakningens storlek i ekologiska odlingssystem.
- Belysa fosfor och kaliumutlakningen. På de lätta jordarna i södra Halland är ofta kalium en bristvara, varför kaliumutlakningen kan ha stor betydelse för den långsiktiga bördigheten i ekologiska odlingssystem utan regelbunden extern kaliumtillförsel.
- Utveckla odlingsmetoder som ger bästa möjliga försörjning av kväve med hjälp av kvävefixerande grödor och genom hushållning med det recirkulerande kvävet. Odlingssystemet och grödval måste avpassas till marktyp, klimat och, om så är möjligt, till de årliga väderleksförhållandena. *Detta innebär att tillämpade odlingsåtgärder inte nödvändigtvis förblir statiskt lika över tiden. Om resultaten visar att en åtgärd inte leder till optimalt kväveutnyttjande har, efter noggrann analys av orsaken till problemet, försöksplanen/odlingen anpassats.*
- Belysa återmineraliseringen av fixerat kväve och efterföljande grödors utnyttjande av detta kväve.
- Belysa ammoniakemissionen omfattning i samband med stallgödelspridning vid olika spridningssituationer.
- Belysa kvävefixeringens omfattning och odlingssystemens växtnäringshushållning.

Projektet avser en långsiktig prövning av de ekologiska odlingssystemens utlakningsbenägenhet, allmänna växtnäringshushållning och uthållighet. Projektet ska även tjäna som åskådningssubjekt för ekologisk odling som sådan.

Tabell 1a. Mekanisk jordartsammansättning (viktsprocent) i matjord och alv vid Lanna, medelvärden för hela försöksområdet

Djup(cm)	Ler	Mjåla	Mo	Sand	Mull
10 - 20	45	28	20	7	4
20 - 40	55	28	13	4	2
40 - 60	60	26	13	1	<1
60 - 80	62	25	13	1	<1
80 - 100	64	25	10	1	<1

Tabell 1b. Mekanisk jordartsammansättning (viktsprocent) i matjord, alv och underliggande lera vid Mellby, medelvärden för försöksområdet

Djup (cm)	Ler %	Mjåla %	Finmo %	Grovmo %	Sand %	Mull %
10 - 20	9	7	6	39	33	4
40 - 50	2	2	5	64	27	1
80 - 90	1	2	11	63	23	0
140-150	20	7	15	37	19	1
160-170	38	14	14	16	16	2

MATERIAL OCH METODER

Försöksfälten, dränering och avrinningsmätning

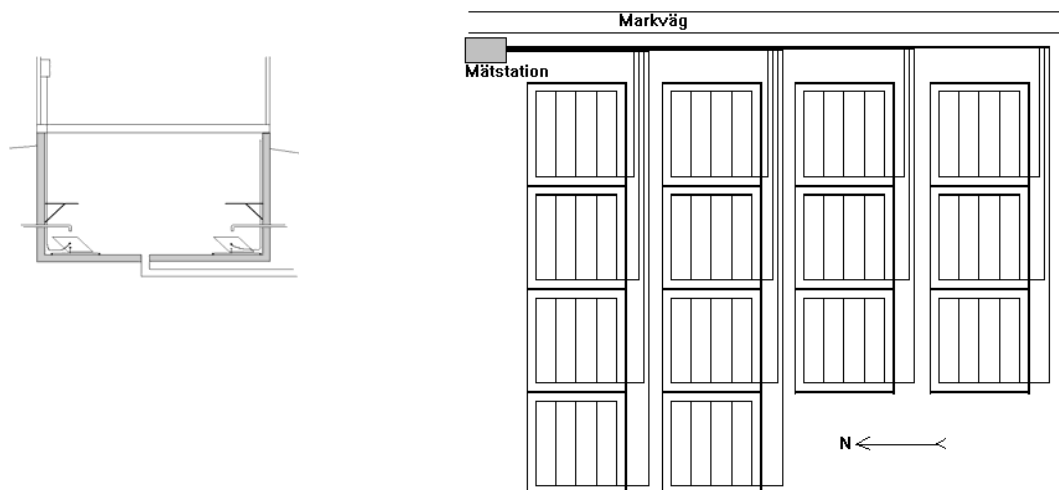
På vardera platsen finns två ekologiska utlakningsförsök i form av odlingssystem (växtföljder) som representerar tänkta gårdar med resp. utan djurhållning (mjölkgård). I odlingssystemen utan djur används ingen stallgödsel. Försöksfälten består av separat dränerade rutor. Dikesdjupet är mellan 0,9 och 1,0 meter. Mellan och utanför varje rutblock finns en avskärande skyddsdränering. Från respektive ruta leds vattnet i en tät ledning till en mät- och provtagningsstation som är belägen omedelbart utanför försöket (figur 1). Den avrunna vattenkvantiteten från varje ruta mäts med dubbelsidiga vippkärl. Varje halva rymmer 3-4 liter. Vippkärlens aktuella volym bestäms genom årlig kalibrering. Vippslagen registreras elektroniskt med en automatisk datalogger som ackumulerar och lagrar dygnsvis avrinning. Vattenprov tas ut flödesproportionellt.

Lanna. Båda försöksfälten anlades 1996 och ligger på Lanna försöksstation, ca 20 km sydväst om Skara i Västergötland. Jordarten är i matjorden måttligt mullhaltig styv lera och i alven styv till mycket styv lera med låga mullhalter. Leran är sedimentär och dess mäktighet omkring 11 m. (tabell 1a). Försöksrutorna har en storlek om vardera ca 0,16 ha och med formatet ca 40 x 42 meter. De två försöken består av vardera 6 rutor där 3 olika grödor odlas ett och samma år (2 upprepningar per gröda).

Mellby. Försöksfälten anlades 1989 (odlingssystemet med djur) resp. 1996 (odlingssystemet utan djur). Båda försöksfälten ligger på Forslunds gård, ca 5 km sydväst om Laholm i södra Halland. Jordarten är i matjorden måttligt mullhaltig, lerig, sandig grovmo och i alven sandig grovmo som praktiskt taget är helt mull- och lerbri. På ett djup av 1,0-1,2 meter övergår grovmon i mellanlera av glacialt ursprung, med ganska stort inslag av mo och sand i den övre delen av leran (tabell 1b). Försöksrutornas storlek är 0,09 ha med formatet 30 x 30 meter

Klimatdata

På båda platserna finns lokala klimatstation med tillhörande datalogger. Nederbörd, dygnsmedeltemperatur, vindhastighet samt globalinstrålning registreras.



Figur 1. Försöksrutor med dräneringssystem och skiss över mätstation med vippkärl (exempel).

Tabell 2. Växtföljd och planerad stallgödsling (kg P/ha) i de båda odlingssystemen vid Lanna

Gröda	Flytgödsel		Insådd eller fånggröda	
	Tidpunkt	Total-P	Arter	Plöjs ned..
Odlingssystem med djur				
Vall I	-	-	-	-
Vall II	-	-	-	Juli
Höstraps	Tidig vår	10	-	Oktober
Höstvete	-	-	-	Oktober
Åkerböna	Efter uppkomst	20	-	Oktober
Grönsäd + insådd	Före sådd	20	rödklöver, gräs	-
Odlingssystem utan djur				
Vårvete	-	-	-	Oktober
Åkerböna	-	-	-	Oktober
Havre + insådd	-	-	gräs, röd+ vitklöver	-
Grönträda	-	-	-	Juli
Höstraps	-	-	-	September
Höstvete + insådd	-	80*	gräs, röd+ vitklöver	-
Gröngödslingsvall	-	-	-	Oktober

*Biofer 7-9-0

Tabell 3. Växtföljd och planerad stallgödsling (kg P/ha) i de båda odlingssystemen vid Mellby

Gröda	Stallgödsel		H-g* K	Insådd eller fånggröda	
	Tidpunkt	Total-P		Arter	Plöjs ned..
Odlingssystem med djur					
Vall I	Myllad eft. 1.a skörd	10	50	-	-
Vall II	Myllad eft. 1.a skörd	10	50	-	Augusti t
Höstraps + fånggröda	Tidig vår, (hack)	20	25	eng. rajgräs	Feb.-Mars
Korn + fånggröda	Tidig vår	15	-	eng. rajgräs+ rödklöver	Feb.-Mars
Åkerböna	-	-	75	höstråg efter skörd	Feb.-Mars
Grönsäd + insådd	Tidig vår	15	25	gräs, röd- + vitklöver	-
Odlingssystem utan djur					
Grönträda	-	-	-	-	Augusti
Höstraps + fånggröda	-	-	50	eng. rajgräs	Feb.-Mars
Havre + insådd	-	-	25	gräs + vitklöver	-
Gröngödslingsvall	-	-	-	-	Feb.-Mars
Vårvete + fånggröda	-	-	50	eng. rajgräs	Feb.-Mars
Åkerböna	-	-	50	-	September
Höstråg + insådd	-	-	50	gräs + röd+vitklöver	-

*) K-tillförsel med KRAV-godkänt gödselmedel för att kompensera hög K-utlakning.

Tabell 4. Grödor i de tre grödomloppen 2004-2006 i de olika odlingssystemen

År	Omlopp 1	Omlopp 2	Omlopp 3
Mellby, med djur			
2004	Vall I	Havre + fånggröda	Vall II
2005	Vall II	Korn + fånggröda	Höstraps + fånggröda
2006	Höstraps + fånggröda	Åkerböna	Korn + fånggröda
2007	Korn + fånggröda	Grönsäd + insådd	Åkerböna
Mellby, utan djur			
2004	Gröngödslingsvall	Åkerböna	Vårvete + fånggröda
2005	Vårvete + fånggröda	Höstråg + insådd	Åkerböna
2006	Åkerböna	Grönträda	Höstråg + insådd
2007	Höstråg + insådd	Höstraps + fånggröda	Grönträda
Lanna, med djur			
2004	Vall II	Vall I	Grönsäd + insådd
2005	Havre (Höstraps)	Vall II	Vall I
2006	Höstvete	Havre (Höstraps)	Vall II
2007	Åkerböna	Höstvete	Höstraps
Lanna, utan djur			
2004	Grön-träda	Vårvete + insådd	Gröngödslingsvall
2005	Havre (Höstraps)	Grön-träda	Vårvete + insådd
2006	Höstvete + insådd (80*)	Havre (Höstraps)	Grön-träda
2007	Gröngödslingsvall	Höstvete + insådd (80)	Höstraps

Växtodlingsplaner

Försöken var upplagda som sexåriga växtföljder för tänkta ekologiskt odlade gårdar med resp. utan djurhållning (nötkreatur) (tabell 2 och 3). För att erhålla minst två upprepningsrutor med varje gröda, delades försöken i tre grödomlopp vilket har gjort att endast tre olika grödor odlats ett och samma år i vardera odlingssystemet (tabell 4). En del av årsmånsvariationens inverkan belyses genom att varje gröda förekommer tre år i rad. Syftet med uppläggningsplanen har i första hand varit att belysa utlakning och kvävedynamik i de ekologiska odlingssystemen men även kunna belysa enskilda odlingsåtgärders och gröders inverkan.

I odlingssystemen med djur användes nötflytgödsel. Flytgödseln spreds med släpplangs-spridare med 37,5 cm slangavstånd. De totalt använda mängderna av flytgödsel anpassades till den djurtäthet som den faktiska foderproduktionen i försöket skulle tillåta, 0,6 - 0,7 djurenheter/ha. Detta innebar i medeltal en årlig flytgödseltillförsel motsvarande knappt 10 kg fosfor per hektar och år, som fördelades enligt tabell 2 och 3. Halmtillförseln via flytgödseln beräknades motsvara halmskörden från en av stråsådesgrödorna, vilken alltså bortfördes, alla övriga skörderester nedbrukas. I odlingssystemen utan djur nerbrukades alla skörderester. För att enklare skilja på de båda gröngödslingsgrödorna betecknas den vall som bryts senast som gröngödslingsvall, medan den som bryts tidigast betecknas som grönträda. Den årliga, och grödvisa, tillförseln av kväve, fosfor och kalium med flytgödsel och KRAV-godkända handelsgödselmedel i de olika odlingssystemen finns redovisad i tabell 5.

I samråd med referensgruppen gjordes 2004 vissa justeringar av odlingen. Bland de större ändringarna kan nämnas att höstraps infördes i alla odlingssystem, växtföljden utökades från 6 till 7 år i odlingssystemen utan djur och potatisen vid Mellby ersattes med åkerböna. Grönsäden vid Lanna bestod av en blandning av havre och åkerböna (ärter kan inte användas p.g.a. rotröta), och vid Mellby av korn och ärter (Tabell 2 och 3).

Provtagningar och analyser

Dräneringsvatten

På alla försök finns automatiska provtagningssystem som tar ut flödesproportionella samlingsprov från varje enskild ruta. Dataloggern, som mäter avrinningen, beräknar och ackumulerar avrunnen vattenvolym. Då en förinställd volym, motsvarande ca 0,2 mm avrinning, har uppnåtts aktiveras en peristaltisk pump för uppsugning av ett delprov om ca 15

ml till samlingsprovet, efter provtagningen reverseras pumpen så att slangen töms. Samlingsprovets koncentration kommer att representera den under provtagningsperioden avrunna vattenmassans koncentration. Under provtagningsperioden står samlingsprovet mörkt och svalt. Samlingsproven vittjas en gång var fjortonde dag. Vattnet analyserades med avseende på NO₃-N, total-N, total-P och kalium.

Koncentrationerna av NO₃-N analyserades med kadmiumreduktionsmetoden (Grasshoff, 1964; Wagner, 1974) enligt svensk standard. Tot-N analyseras enligt prEN 12260 på en Shimadzu TOC-V_{CPH} med totalkväve-tillsatsen TNM-1 tillkopplad. Tot-P uppslutes enligt SS - EN 1189-1. Totalfosforhalten bestäms i ofiltrerat prov. Komplex oorganisk fosfat och organiskt bundet fosfor överförs till ortofosfat vid uppslutning i sur miljö under tryck. Analyseras sedan som PO₄-P på FIA enligt Tecator app.not. 60-03/83.

Stallgödsel, inköpt gödsel

Vid spridningen doserades stallgödseln med utgångspunkt från i förväg gjorda P-analyser på gödseln. Vid spridning uttogs ett samlingsprov med delprov från varje lass för slutlig bestämning av utspridd mängd växtnäring. På samlingsprovet analyserades torrs substans, ammonium- och totalkväve, totalfosfor, kalium och totalkol.

Vid Mellby har kaliumtillgången kompletterats med inköpta KRAV-godkända handelsgödselmedel av typen Biokali, Biofer etc. I Lanna, utan djur, ges ett tillskott av fosfor, men även kväve, till höstvetet som följer efter höstrapsen i form av t.ex. Biofer 7-9-0.

Skördar, skörderester och kvävebortförsel med grödan

Skördens storlek bestämdes rutvis. Tre drag tröskades med försökströska tvärs över dräneringsledningarna. Kärn- och halmskörden vägdes och separata prov för analys uttogs från varje tröskdrag. Vall- och grönsädeskördar bestämdes på motsvarande sätt med skörde-maskin för vallförsök. Stråsädeshalmen från en av spannmålsgrödorna i odlingsystemen med djur bortfördes för att kompensera tillförseln av strö via stallgödsel. Övriga skörderester (halm) nerbrukades. Kväveinnehållet bestämdes med elementaranalysator NA 1500 (Kirsten & Hesselius, 1983), fosfor- och kaliuminnehållet analyserades med ICP-teknik efter uppslutning i koncentrerad svavelsyra.

Mineraliskt kväve i marken

För bestämning av markprofilens innehåll av mineraliskt kväve (ammonium- och nitratkväve) togs jordprov vid följande tillfällen under året: tidigt på våren efter viss upptorkning, två till tre veckor efter stråsädens uppkomst, stråsädens gulmognad, före tidig höstbearbetning och i månadsskiftet oktober - november. Frekvensen provtagningar och valda provtagningstillfällen anpassades efter resp. gröda. Proven togs rutvis till 90 cm djup och indelades i tre skikt (0-30, 30-60, 60-90 cm), (Lindén, 1977 och 1979). I matjorden uttogs 24 delprov och i alvskikten 12 delprov per led. Borrsticken slogs samman till skiktvisa samlingsprov. Jordproverna förvarades djupfrysta och extraherades med 2M KCl för bestämning av ammonium- och nitratkväve. Analysvärdena omräknades till kilogram kväve per hektar med beaktande av markskiktens volymvikter och aktuella vattenhalter.

Beräkning av periodvisa medelkoncentrationer och växtnäringsutlakning

Den aktuella analyserade koncentrationen i varje flödesproportionellt samlingsprov multipliceras med alla dygnsavrinningar som skett mellan föregående provtagningstillfälle och det nu aktuella. Dygnstransporterna summerades sedan till månads- och årstransporter avseende agrohydrologiska år, 1/7 – 30/6. Summerad årstransport från varje försöksruta dividerades med summerad årsavrinning från respektive försöksruta för att få fram rutans årsmedel

Tabell 5: Årsviss tillförsel av växtnäring i de olika grödomloppen, värden i kg/ha

År, Gödselslag	Omlopp 1				Omlopp 2				Omlopp 3			
	Tot-N	NH4-N	P	K	Tot-N	NH4-N	P	K	Tot-N	NH4-N	P	K
Mellby, med djur												
2004	Vall I				Havre+fånggröda				Vall II			
Nötflytgödsel	82	39	11	43	67	31	11	52	82	39	11	43
K-gödselmedel	7		3	50	3		2	25	7		3	50
2005	Vall II				Kom+fånggröda				Höstraps+fånggröda			
Nötflytgödsel	60	30	11	54	148	82	20	114	111	61	15	86
Biofer 2-1-15	7		3	50	3		2	25	3		2	25
2006	Höstraps+fånggröda				Åkerböna				Kom+fånggröda			
Nötflytgödsel	140	60	30	124	-	-	-	-	105	45	23	93
Biofer vall	2		3	25	3		7	50	2		3	25
Summa	298	129	62	346	224	113	42	266	310	145	57	322
Medeltal/år (n=3)	99	43	21	115	75	38	14	89	103	48	19	107
Mellby, utan djur												
2004	Grönträda				Åkerböna				Vårvete+fånggröda			
K-gödselmedel	-		-	-	7		3	50	7		3	50
2005	Vårvete+fånggröda				Höstråg+insådd				Åkerböna			
Biofer 2-1-15	7		3	50	7		3	50	7		3	50
2006	Åkerböna				Grönträda				Höstråg+insådd			
Biofer vall	7		3	50	-		-	-	7		3	50
Summa	14		6	100	14		6	100	21		9	150
Medeltal/år (n=3)	5		2	33	5		2	33	7		3	50
Lanna, med djur												
2004	Vall II				Vall I				Grönsäd+insådd			
Nötflytgödsel	-	-	-	-	-	-	-	-	56	44	16	152
2005	Havre (ersatte Höstraps)				Vall II				Vall I			
Nötflytgödsel	123	63	27	105	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	Höstvete				Havre (ersatte Höstraps)				Vall II			
Nötflytgödsel	125	67	21	99	125	67	21	99	-	-	-	-
Summa	247	130	48	204	125	67	21	99	56	44	16	152
Medeltal/år (n=3)	82	43	16	68	42	22	7	33	19	15	5	51
Lanna, utan djur												
2004	Grönträda				Vårvete+insådd				Gröngödslingsvall			
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	Havre (ersatte Höstraps)				Grönträda				Vårvete+insådd			
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	Höstvete+insådd				Havre (ersatte Höstraps)				Grönträda			
Biofer 7-9-0	65		80	4	-		-	-	-		-	-
Summa	675		206	713	-		-	-	-		-	-
Medeltal/år (n=3)	225		69	238	-		-	-	-		-	-

Tabell 6. Nederbörd och normalavrinning vid de båda försöksplatserna

	Nederbörd (mm)		Avrinning (mm)	
	Mellby	Lanna	Mellby	Lanna
2004/2005	513	553	370	270
2005/2006	680	458	300	160
2006/2007	867	730	665	300

Tabell 7. Årsvisa produkt- (ton/ha) och kväveskördar (kg/ha) med den huvudsakliga skördeprodukten i de olika odlingssystemen. Värden med kursiv stil avser ej bortförd grönmasse-produktion på grüngödslingsvallar. (Spannmål med 15% vh, vall och grönsäd som ts och höstraps med 9% vh)

Gröda	År: 2004		2005		2006	
	ton/ha	kg/ha	ton/ha	kg/ha	ton/ha	kg/ha
Mellby med djur						
<i>Gamla växtföljden</i>						
Vall I	8.7	192				
Havre + fånggröda	6.8	96				
<i>Nya växtföljden</i>						
Vall II, tidig bearb.	5.7	155	4.8	96		
Höstraps + fånggröda			3.2	86	2.4	67
Korn + fånggröda			5.4	74	3.7	61
Åkerböna					0.2	12
Mellby utan djur						
<i>Gamla växtföljden</i>						
Grönträda	8.6	226				
Vårvede + fånggröda	2.4	45	5.7	102		
<i>Nya växtföljden</i>						
Åkerböna	2.3	106	1.5	60	0.2	7
Höstråg + insådd			4.4	57	4.0	51
Grönträda, tid. bearb.					7.9	175
Lanna med djur						
<i>Nya växtföljden</i>						
Grönsäd + insådd	3.7	77				
Vall I	7.1	184	9.5	245		
Vall II, tidig bearb.	6.6	165	4.7	85	5.0	86
Havre (ers. höstraps)			3.9	53	3.3	64
Höstvede					5.7	82
Lanna utan djur						
<i>Gamla växtföljden</i>						
Grüngödslingsvall, sen bearb.	11.5	324				
Vårvede + insådd	3.6	67	2.9	44		
<i>Nya växtföljden</i>						
Grönträda, tidig bearb.	9.5	192	5.2	72	5.3	129
Havre (ers. höstraps)			4.0	54	3.6	60
Höstvede + insådd					3.8	49

koncentration. För beräkning av den årliga kväveutlakningen från respektive försöksruta multiplicerades årsmedelkoncentrationen med en gemensam normalårsavrinning, en för Lanna och en för Mellby. Denna har beräknats som medeltalet av de sex rutor som haft högst avrinning inom hela försöksområdet. Därigenom kan en jämförelse av utlakningen från alla försök och rutor på respektive plats göras utan att störas av avvikelser i avrinningen från enskilda rutor. Förekommande skillnader i avrinning från enskilda rutor är i huvudsak betingad av grundvattenhydrologiska skillnader inom försöksområdet, och till mycket liten del orsakad av behandlingar eller grödor.

Tabell 8. Årsvis bortförel av fosfor och kalium (kg/ha) i de olika odlingsystemen

Gröda	År: 2004		2005		2006	
	P	K	P	K	P	K
Mellby med djur						
<i>Gamla växtföljden</i>						
Vall I	29	235				
Havre + fånggröda	24	28				
<i>Nya växtföljden</i>						
Vall II, tidig bearb.	20	127	15	116		
Höstraps + fånggröda			23	29	16	21
Korn + fånggröda			18	20	10	13
Åkerböna					1	2
Mellby utan djur						
<i>Gamla växtföljden</i>						
Grönträda	—	—				
Vårvete + fånggröda	10	12	18	22		
<i>Nya växtföljden</i>						
Åkerböna	16	33	8	18	1	2
Höstråg + insådd			14	18	13	18
Grönträda, tid. bearb.					—	—
Lanna med djur						
<i>Nya växtföljden</i>						
Grönsäd + insådd	10.2	84				
Vall I	19.2	211	24	292		
Vall II, tidig bearb.	17.2	185	12	129	10	121
Havre (ers. höstraps)			15	22	13	15
Höstvete					18	23
Lanna utan djur						
<i>Gamla växtföljden</i>						
Gröngödslingsvall, sen bearb.	—	—				
Vårvete + insådd	11.4	11.7	9	11		
<i>Nya växtföljden</i>						
Grönträda, tidig bearb.	—	—	—	—	—	—
Havre (ers. höstraps)			14	21	14	16
Höstvete + insådd					13	16

RESULTAT OCH DISKUSSION

Klimat och avrinning

Nederbörden (tabell 6) var vid Mellby något större än den normala (Genevad, 773 mm, SMHI:s långtidsmedelvärde 1961-1990), vid Lanna var nederbörden vissa år över den normala (570 mm). Årsavrinningen påverkas starkt av nederbördens fördelning under året. Den helt dominerande delen av avrinningen sker normalt under perioden oktober till mars, medan de största nederbördsmängderna faller under perioden maj till oktober.

Skördar och bortförel av växtnäringsämnen

Bortförda produkt- och kväveskördar i de olika odlingsystemen redovisas i tabell 7. I tabell 8 redovisas bortförda mängder av fosfor och kalium för åren 2004 - 2006.

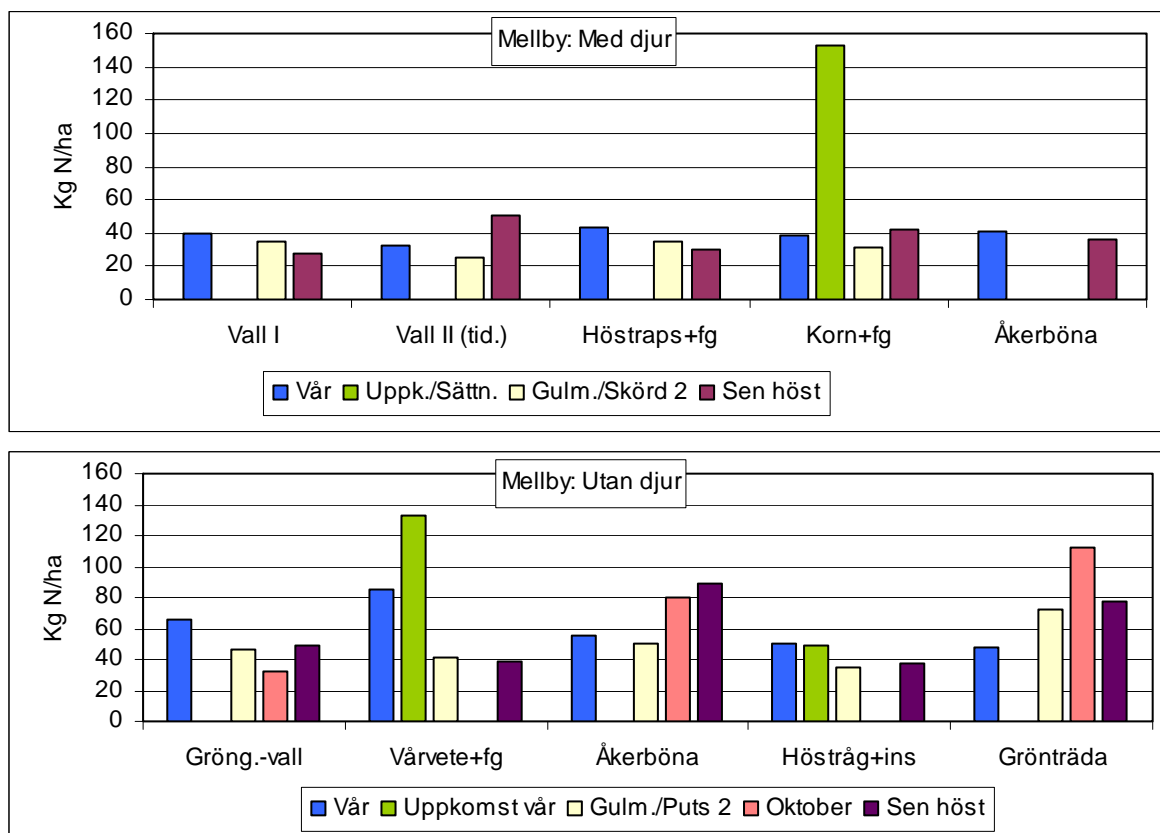
Generellt sett har spannmålsskördarna varit tämligen jämförbara på de båda platserna under den aktuella perioden (Tabell 7). Höstrapsen, som hittills bara gått fram till skörd på Mellby, har i genomsnitt avkastat 2,8 ton frö per hektar med skördad vall som förfrukt. På Lanna har svårigheterna varit stora att etablera höstraps efter vallbrotten, både 2005 och 2006 fick man på våren lov att ersätta rapsen med havre.

Den vid Mellby nyligen införda åkerbönan har givit låg skörd. Orsaken till detta har ännu inte gått att utreda, men det kan finnas anledning att ifrågasätta grödan. Ärtor kan vara en tänkbar ersättningsgröda.

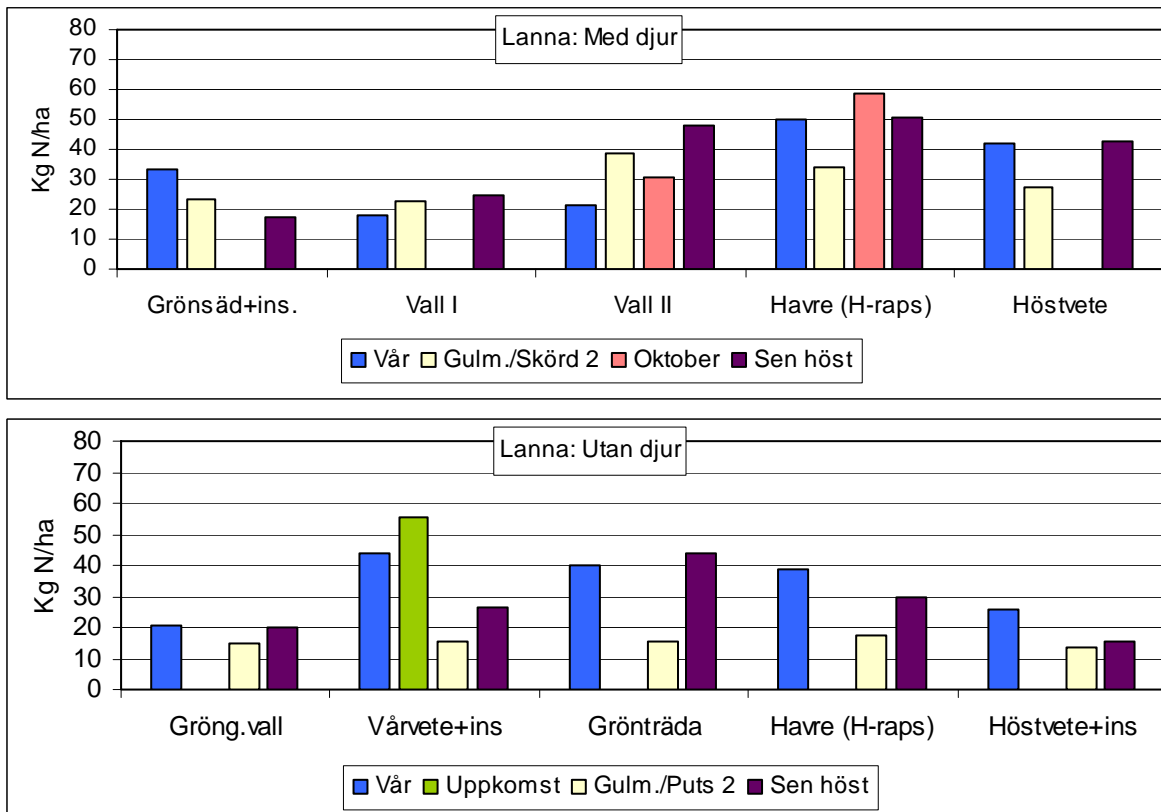
Det bör noteras att uppgiven produktionen på gröngräddor och grüngödslingsvallar är den avslagna bruttoproduktionen. Lakning, med nederbörd, från avputsat material har i en annan undersökning visat att i storleksordningen 40-50 kg kväve, och en betydande del av P och K-innehållet, kan återföras till marken under perioden mellan första putsning och tidig höst (början av september) (Malgeryd & Torstensson, 2005).

Mineralkväve i marken och utlakningsförluster

Medeltal för mineralkväveinnehållet i markprofilen vid flertalet provtagningstillfällen framgår av figur 2. Benämningen "uppkomst" i figuren avser en tidpunkt 2-3 veckor efter vårsådens uppkomst (2-3 blad) resp. begynnande stråskjutning i höstsäd. Utlakningsresultaten för enskilda grödor och år presenteras i tabellerna 9 och 10. Ändringar i växtföljden 2004-2005 har i några fall gjort att grödsekvenserna inte är helt korrekta, men i flertalet fall tycks detta inte haft någon avgörande inverkan på resultaten.



Figur 2. Mineralkväve (nitrat- + ammoniumkväve) i markprofilen (0-90 cm) vid olika tidpunkter i de båda odlingssystemen vid Mellby. Grödvisa medelvärden under perioden 2002 till 2006.



Figur 3. Mineralkväve (nitrat- + ammoniumkväve) i markprofilen (0-90 cm) vid olika tidpunkter i de båda odlingsystemen vid Lanna. Grödvisa medelvärden under perioden 2002 till 2006.

Kväve

Mängderna av uppmätt mineralkväve i marken var vid provtagningstillfällena på Mellby ofta högre i odlingsystemet utan djur jämfört med motsvarande system med djur (figur 2). Vallbrottet som föregick vårvetet i odlingsystemet utan djur, liksom fånggrödebrytningen efter höstrapsen i systemet med djur, gjordes oftast i månadsskiftet februari-mars. I båda fallen har bearbetningsstrategin, tillsammans med "förfrukten", givit god kvävetillgång vid lämplig tidpunkt för den efterföljande grödan (figur 2 överst). De tidiga vallbrotten inför sådden av höstraps, liksom åkerböna, gav ofta en påtagligt ökad kvävetillgång på senhösten, med ökad utlakning som följd. Vid Mellby (utan djur) sås höstråg efter åkerböna i ett försök att tillvarata en del av detta kväve.

På lerjorden vid Lanna är möjligheterna att med tidsanpassade bearbetningsåtgärder påverka kvävetillgången mer begränsade. Kväveutlakningen har här mindre betydelse än på lätta jordar. Däremot tycks det stå tämligen klart att andra förlustvägar, t.ex. denitrifikation, kan spela en avgörande roll. Sen höstbearbetning på Lanna (gröngödslingsvall före vårvete) har givit lägre uppbyggnad av kväve på hösten jämfört med den tidiga bearbetningen av gröntrådan före höstraps (havre). Den ökade kvävemängden har återspeglats även i ökad kväveutlakning (tabell 9).

Tabell 9. Årsviss utlakning (kg N/ha o. agrohydrologiskt år) av nitrat- resp. totalkväve i de olika odlingssystemen

Agrohydrologiskt år: Gröda året före	2004/2005		2005/2006		2006/2007	
	NO ₃ -N	Tot-N	NO ₃ -N	Tot-N	NO ₃ -N	Tot-N
Mellby, med djur						
<i>Gamla växtföljden</i>						
Vall I	14	18				
Havre + fånggröda	25	31				
<i>Nya växtföljden</i>						
Vall II, tidig bearb.	40	48	14	17		
Höstraps + fånggröda			12	15	38	46
Korn + fånggröda			22	26	61	72
Åkerböna					52	62
Mellby, utan djur						
<i>Gamla växtföljden</i>						
Gröng.-svall, sen bearb.	20	28				
Vårvete + fånggröda	19	25	23	27		
<i>Nya växtföljden</i>						
Åkerböna	60	70	35	39	62	70
Höstråg + insådd			15	18	37	45
Gröntråda, tidig bearb.					73	82
Lanna, med djur						
<i>Nya växtföljden</i>						
Grönsäd + insådd	1	2				
Vall I	3	4	2	3		
Vall II, tidig bearb.	15	18	8	10	14	15
Havre/(Höstraps)			6	7	17	19
Höstvete					11	14
Lanna, utan djur						
<i>Gamla växtföljden</i>						
Gröng.-vall, sen bearb.	6	10				
Vårvete + insådd	3	6	2	3		
<i>Nya växtföljden</i>						
Gröntråda, tidig Bearb.	11	15	12	14	14	16
Havre/(Höstraps)			8	9	9	13
Höstvete + insådd					2	4

Fosfor

Ur växtnäringsbalanssynpunkt är fosforförlusten genom utlakning mer eller mindre försumbar, i värsta fall omkring 6% av den totalt uppmätta bortförseln. Medelutlakningen av fosfor uppgick på Mellby till drygt 0,3 kg/ha och år. På Lanna uppgick medelutlakningen i odlingssystemet med djur till ca 0,4 kg/ha och i systemet med djur till ca 0,5 kg/ha, (tabell 10). En bidragande orsak till tendensen till högre fosforutlakning i odlingssystemen utan djur var troligen den stora omsättningen av färskt grüngödslingsmaterial som här förekommer. En stor del av den organiska fosfor i sådan material frigörs lätt i vattenburen form (Malgeryd & Torstensson, 2005). Några återkommande, tydliga kopplingar till stallgödseltillförsel kan inte ses, däremot är fosforutlakningen ofta som störst i samband med vallodling och vallbrott.

Tabell 10. Årsvis utlakning (kg/ha o. agrohydrologiskt år) av fosfor och kalium i de olika odlingssystemen

Föreg. gröda	Agrohydrologiskt år: 2004/2005		2005/2006		2006/2007	
	Total-P	K	Total-P	K	Total-P	K
Mellby, med djur						
<i>Gamla växtföljden</i>						
Vall I	0.38	11				
Havre + fånggröda	0.14	10				
<i>Nya växtföljden</i>						
Vall II, tidig bearb.	0.20	8	0.22	9		
Höstraps + fånggröda			0.18	7	0.45	20
Korn + fånggröda			0.17	12	0.45	19
Åkerböna					0.56	24
Mellby, utan djur						
<i>Gamla växtföljden</i>						
Gröng.-svall, sen bearb.	0.15	19				
Vårvede + fånggröda	0.30	12	0.10	15		
<i>Nya växtföljden</i>						
Åkerböna	0.20	16	0.18	8	0.33	25
Höstråg + insådd			0.17	10	0.55	20
Gröntråda, tidig bearb.					0.46	24
Lanna, med djur						
<i>Nya växtföljden</i>						
Grönsäd + insådd	0.26	8				
Vall I	0.24	8	0.07	6		
Vall II, tidig bearb.	0.41	7	0.05	6	0.35	10
Havre/(Höstraps)			0.05	6	0.74	11
Höstvede					1.72	7
Lanna, utan djur						
<i>Gamla växtföljden</i>						
Gröng.-vall, sen bearb.	0.73	4				
Vårvede + insådd	0.68	6	0.25	2		
<i>Nya växtföljden</i>						
Gröntråda, tidig bearb.	0.62	4	0.17	2	0.52	5
Havre/(Höstraps)			0.17	3	1.32	4
Höstvede + insådd					0.51	5

Kalium

I odlingssystemen utan djur utgjorde kaliumutlakningen upp till 50% av den totala bortförelsen och i systemen med djur upp till ca 10% av bortförelsen (tabell 12). På Mellby var medelutlakningen av kalium något högre i odlingssystemet utan djur (14 kg/ha) jämfört med systemet med djur (11 kg/ha). En bidragande orsak till skillnaden kan vara att i systemet med djur har den ekologiska odlingen, utan "normal" kaliumtillförelse, bedrivits under längre tid, och under de 4 första åren (1991-1994) tillfördes inget extra kalium alls. En inverkan av den höga omsättning av grüngödselmateriel kan heller inte uteslutas. På Lanna binds kalium betydligt bättre i marken och medelutlakningen i odlingssystemet med djur uppgick till ca 7 kg/ha, och ca 4 kg/ha i systemet utan djur. Några direkta kopplingar till stallgödseltillförelse kan inte ses, däremot är även kaliumutlakningen ofta som störst i samband med vallodling och vallbrott.

Tabell 12. Fältbalanser för fosfor och kalium under perioden 2002 till 2006. Medelårsvärden beräknade som summa tillfört resp. bortfört per hektar (inkl. halm) dividerat med 15 (3 grödor per år * 5 år). Värden i kg/ha

	Mellby				Lanna			
	Med djur		Utan djur		Med djur		Utan djur	
	P	K	P	K	P	K	P	K
<i>Tillförsel</i>								
Stallgödsel	15	76	—	—	10	53	—	—
Inköpt gödsel (K)	2	42	1	33	0	0	5	0
Summa tillförsel	17	118	1	33	10	53	5	0
<i>Bortförsel</i>								
Med skördeprod.	23	89	8	14	14	105	7	9
Utlakning	0.3	11	0.3	14	0.4	7	0.5	4
Summa bortförsel	23	100	8	28	14	112	8	13
Balans (kg/ha/år)	-6	18	-7	5	-4	-59	-3	-13

Fosfor- och kaliumbalanser

Fosfor- och kaliumbalanser för perioden 2002 till 2006 i de olika odlingssystemen presenteras i tabell 12. Bruttotillförsel av fosfor och kalium med stall- och handelsgödsel jämförs med bortförsel genom skörd och utlakning.

Med tanke på att inte riktigt hela växtföljden finns representerad bör enskilda siffervärden tolkas med försiktighet. Fosforbalansen visar i alla odlingssystemen på ett årligt underskott på mellan 3 och 7 kg/ha (tabell 12). Att man får ett underskott på fosfor i odlingssystemen utan djur är helt naturligt eftersom nästan ingen extern tillförsel har skett.

Kaliumbalansen i odlingssystemet med djur på Lanna gick med det största årliga underskottet, nästan 60 kg/ha. I odlingssystemet utan djur stannade, på grund av det låga totala skördeuttaget, det årliga underskottet på 13 kg/ha. Kaliumunderskott i denna storleksordning spelar ingen större roll på lerjorden vid Lanna eftersom förråden av växttillgängligt kalium i marken är stora. Vid Mellby uppvisar odlingssystemet utan djur nära balans, medan systemet med djur uppvisar ett visst överskott. En bidragande orsak är det lägre vallskördeuttaget till följd av införandet av höstraps (bara 2 skördar i vall II). Den lägre vallskörden kan föranleda omprövning av mängden stallgödsel som ska tillföras, liksom storleken av den externa kaliumtillförseln.

LITTERATUR

- European Committee for Standardization 1996a. Water Quality. Determination of phosphorus. Ammonium-molybdate spectrometric method. European standard EN 1189. European Committee for Standardization, Brussels.
- Grasshoff, K. 1964. Determination of nitrate in sea and drinking water (in German). Kieler Meeresforsch 20, 5-11.
- Kirsten, W.J. & Hesselius, G.U. 1983. Rapid automatic, high capacity Dumas determination of nitrogen. Microchemistry journal 28, 529-547.
- Lindén, B. 1977. Utrustning för jordprovtagning i åkermark. Rapport 112. Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén, B. 1979. Alvprovtagning med "Ultuna-borren"- för markkartering och framtida N-prognoser. Rapport 120. Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

- Malgeryd, J., och Torstensson, G. 2005. Kvävehushållning och miljöpåverkan vid olika strategier för skötsel av gröngödslingsvallar. JTI-rapport, Lantbruk och industri nr 335. JTI, Box 7033, 750 07 Uppsala.
- Svensk standard 1995. Kemiska vattenundersökningar. Katalog över svensk standard. Standardiseringskommissionen i Sverige. 588 s.
- Torstensson, G. 2003. Ekologisk odling – Utlakningsrisker och kväveomsättning. Ekologiska odlingssystem med resp. utan djurhållning på sandig grovmo i södra Halland. Resultat från perioden 1991-2002. Ekohydrologi nr 72. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Torstensson, G. 2003. Ekologisk odling – Utlakningsrisker och kväveomsättning. Ekologiska odlingssystem med resp. utan djurhållning på lerjord i Västra Götaland. Resultat från perioden 1997-2002. Ekohydrologi nr 73. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Torstensson, G., Ekre, E. och Gustafson, A. 2006. Kväveutlakning på sandjord - motåtgärder med ny odlingsteknik. Miljöanpassad stallgödselanvändning och odling i realistiska odlingssystem. Slutrapport för perioden 2002 till 2005. Teknisk rapport nr 100, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Wagner, R. 1974. A new method for automated nitrate determination in sea water using the AutoAnalyzer (in German). Technicon Symposium, Frankfurt am Main.