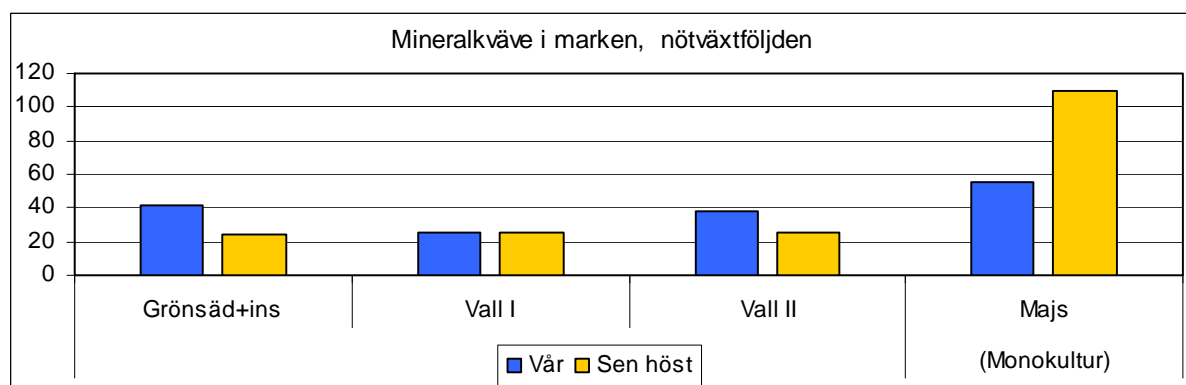


Gunnar Torstensson, Helena Aronsson och Erik Ekre

Kväveutlakning på sandjord - motåtgärder med ny odlingsteknik

Miljöanpassad stallgödselanvändning och odling i realistiska odlingssystem

Slutrapport för perioden 2006 till 2008



TILLKÄNNAGIVANDEN

Det redovisade försöket har bedrivits med medel från Jordbruksverket, SLF och Sveriges lantbruksuniversitet. Projektet har varit ett samarbetsprojekt mellan dåvarande avdelningen för vattenvårdslära, vid SLU och Hushållningssällskapet i Halland.

Lantbrukare Eskil Håkansson på Elofsfälts gård har välvilligt ställt försöksmarken till förfogande. Försöksledarna Erik Ekre och Magnus Håkansson har tillsammans med sina medarbetare på Hushållningssällskapet ansvarat för den praktiska skötseln av försöksfält, mätutrustning samt provtagning av vatten, jord och grödor.

Jordprover för mineralvävebestämning har extraherats vid Hushållningssällskapet. Gröd och skördeprover samt jordextrakt har analyserats vid avdelningen för växtnäringslära, SLU. Vattenprover har analyserats vid, dåvarande, avdelningen för vattenvårdslära.

Innehållet i denna rapport har sammanställts, bearbetats och presenterats av Gunnar Torstensson och Helena Aronsson, avdelningen för Biogeofysik och vattenvård, institutionen för Mark och miljö, SLU.

En samlingsrapport i serien "Ekohydrologi" innehållande resultaten från hela perioden 2002 till 2008 kommer att utges under våren 2009 (Ekohydrologi nr 108).

I och med denna rapportering avslutas detta "långliggande" projekt. Projektet fick sin nuvarande grundutformning med två tydliga odlingssystem år 1995. Som en del i projektets syfte har odlingsåtgärder, växtföljd och grödor justerats efterhand för att fortlöpande försöka förbättra växtnäringsutnyttjande och minimera olika typer av förluster. Avslutandet av det aktuella projektet medför inte att anläggningen läggs ner rent fysiskt utan bara att den under de kommande åren ska användas för att belysa andra frågeställningar.

Författarna ber att få framföra ett varmt tack till alla som medverkat till finansiering, utförande och analyser.

INLEDNING

I föreliggande rapport presenteras resultaten från perioden 2006 - 2008 från det långliggande försöket "Kväveutlakning på sandjord - motåtgärder med ny odlingsteknik" vid Mellby försöksstation i Halland. I försöket har studerats de långsiktiga effekterna på mark och miljö av miljöanpassad stallgödselanvändning och odling i realistiska odlingssystem. Vid utformningen av odlingsåtgärder mm har man försökt att införliva de samlade kunskaperna från olika mer specifikt inriktade utlakningsstudier i för trakten verklighetsnära växtföljder och odlingssystem. Försöket har bedrivits med medel från SLU och Jordbruksverket. Resultat från de tidigare försöksåren har presenterats av Torstensson, Gustafson och Lindén, 1993, Torstensson och Håkansson, 2001, Torstensson och Ekre, 2003 och Torstensson, Ekre och Gustafson, 2006.

MÅL

Projektets mål har varit att utveckla ekonomiskt och ekologiskt effektiva odlingssystem. *Detta har inneburit att tillämpade odlingsåtgärder inte förblivit statistiskt lika över tiden. Om en åtgärd inte lett till optimalt resultat, har försöksplanen modifierats efter noggrann analys av orsaken till problemet.*

I försöket utformas växtföljd, gödslingar m. fl. odlingsåtgärder med avseende på största möjliga effektivitet i utnyttjandet av gödsel- och jordkväve, samtidigt som nu kända motåtgärder, där så är möjligt, sätts in för att minimera utlakningsförlusterna av kväve. Vid utformningen har alla de samlade erfarenheterna från tidigare och pågående försök tagits till vara och har försökts översättas till de verkliga förhållandena i realistiska odlingssystem.

MATERIAL OCH METODER

Försöksfältet

Försöksfältet ligger på Elofsfälts 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 lerfri. 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 1).

Fosforhalterna i matjorden motsvarar P-AL-klass V, alltså ett mycket gott, fosfortillstånd, och i alven klass I-II, dvs. svag fosfortillgång. Kaliummängderna i matjorden motsvarar K-AL-klass III, alltså något svagt tillstånd, och i alvskikten klass I.

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

Djup (cm)	Ler	Mjäla	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

Växtodlingsplaner

Den ena växtföljden representerar en mjölkko-gård som växtodlingsmässigt specialiserat sig på grovfoderproduktion. Huvudväxtföljden är treårig med grönfoder med insådd och vallar. Nötflytgödsel används. "Nötgårdens" växtodling (areal) utökas 2002 med "ett skifte" med fodermjajs. Samtidigt har antagits att djurbesättningen har ökat varför stallgödselmängden per odlad hektar är (minst) lika stor som tidigare (tabell 2). Fodermjajs i kombination med, ofta rätt stora, stallgödselgivor är något som fått stor utbredning i sydvästra Sverige och det hade framförts starkt intresse att klarlägga majsodlingen utlakningsmässigt. Oftast odlas majs i monokultur på samma skifte under flera år. En viss grödrotation tillämpas dock i försöket, efter 4 år får majs byta plats med ett av de ordinarie "skiftena" i huvudväxtföljden. Senaste "skiftesbytet" skedde våren 2005 då majs kom in efter det ordinarie vallbrottet på vall II, och majs i sin tur ersattes av "grönsäd med vallinsådd".

Den andra växtföljden representerar en svin-gård med sexårig växtföljd med fodersäd, oljeväxter, potatis och bevuxen s.k. EU-träda. Här användes flytgödsel från svin (tabell 2).

I båda odlingssystemen förutsattes att djurtätheten var tämligen hög. Detta innebar att det antogs finnas stallgödsel motsvarande ca 22 resp. 17 kg fosfor per hektar och år att fördela i resp. växtföljd. Dosering på fosforbasis har valts eftersom detta anses bäst korrelerat med djurtätheten.

Våren 2006 ersattes oljeväxterna (höstraps) i svinväxtföljden med havre, efter att infektion med klumprotssjuka konstaterats i fältet. Stallgödseln till denna gröda spreds sent på hösten på grönträdan, vilken bröts tidig på våren året efter.

Tabell 2. Försöks- och odlingsplan under perioden 2005-2008. Plöjningstidpunkten avser den plöjning som görs närmast efter grödan. Stallgödselspridning "Sen höst" är avsedd för efterföljande gröda

Växtföljd	Flytgödselspridning		Handels- gödsel-N (kg/ha)	Plöjnings- tidpunkt (Efter grödan)	Fånggröda, höstgröda
	kg P/ha	Tidpunkt			
<i>Nötgården</i>					
Grönfoder + insådd	20	Vår ¹	0	-	Insådd
Vall I	15+15	Eft. sk. 1, myllad + Sen höst	45+0+45	-	Vall
Vall II	15	Eft. sk. 1, myllad	90+0+45	Vår	Vall
Fodermjajs + fånggr.	25	Vår, radspriden ³	20 + 70	Tidig vår ²	Fånggröda
<i>Svingården</i>					
Korn + insådd	30	Vår ¹	0	-	EU-träda
Grönträda (EU-träda)	20	Sen höst (t. havre)	-	Tidig vår ²	EU-träda
Havre ⁴	-	-	0	Tidig höst	Höstvete
Höstvete + fånggröda	15	Vår, myllad	*120	Tidig vår ²	Fånggröda
Potatis	-	-	**120	Tidig höst	Rågvete
Rågvete + fånggröda	15	Vår, myllad	*100	Tidig vår ²	Fånggröda

^{*}) Denna giva reduceras med: 0,9 x NH₄-N (kg/ha) i stallgödseln som spridits på våren.

^{**}) Vid sättnings ges (120 – mineral-N-innehållet i skiktet 0-30 cm). **2008**: delad ruta med 3 N-nivåer, se nedan.

¹) Svingödsel nedplöjs efter ca 4 timmar; nötgödsel i nedmyllas omedelbart med tallriksharv.

²) Så tidigt som möjligt efter den 15 februari.

³) Målet har varit att få gödseln radspriden enbart i sårarens närhet.

⁴) Höstraps 2005

Försöksdränering och avrinningsmätning

Försöksområdet består av 10 rutor om vardera 0,09 ha med formatet 30 x 30 meter (figur 1), den tionde rutan ligger i ett angränsande försöksblock och syns inte i figuren. Varje ruta har ett separat dräneringssystem, dikesdjupet är i medeltal ca 0,9 meter. Runt varje rutblock (3 rutor) går en avskärande skyddsdränering 1,5 m utanför rutgränsen.

Från respektive ruta leds vattnet i en tät ledning till en mät- och provtagningsstation som är belägen ca 30 meter söder om försöket. Den avrunna vattenkvantiteten från varje ruta mäts med dubbelsidiga vippkärl (figur 2). Antalet vippningar räknas när halvorna växelvis fylls och töms. Varje halva rymmer ca 4 liter. Vippkärlens exakta volym bestämdes genom årlig kalibrering. Vippslagen registreras elektroniskt med en automatisk datalogger som ackumulerar och lagrar dygnvis avrinning.

Klimatdata

På försöksområdet vid Mellby finns en klimatstation med tillhörig datalogger varför alla klimatdata är lokala. Nederbörd, dygnsmedeltemperatur, vindhastighet samt globalinstrålning registreras.

Odlingsåtgärder och gödning

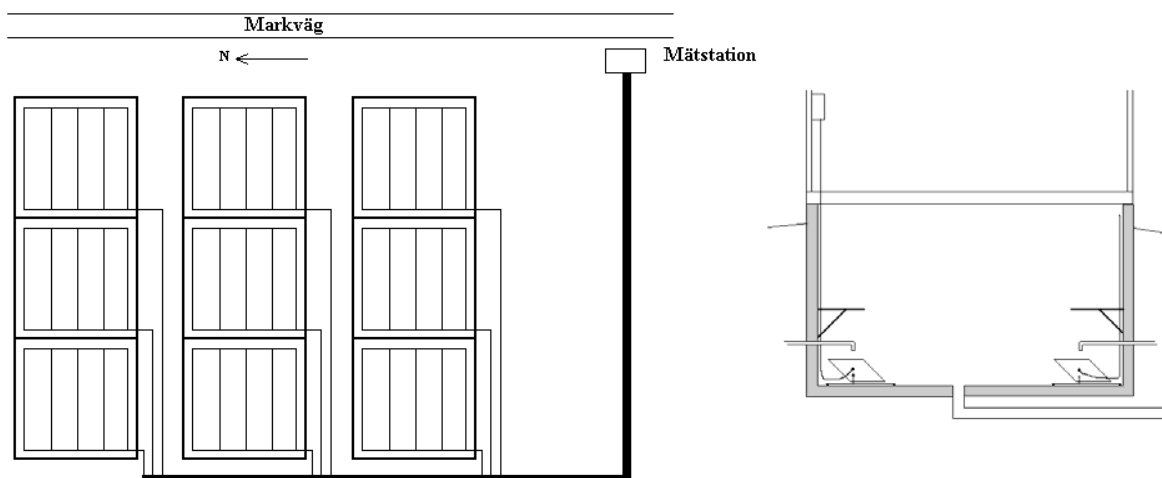
Den totala årliga tillförseln av kväve, fosfor och kalium med flyt- och handelsgödsel i de tre växtföljderna presenteras i tabellerna 3 och 4. Den faktiska medeltillförseln av fosfor blev något för låg i svinväxtföljden, och något för hög i nötväxtföljden. Flytgödseln spreds med släpplangsspridare med 37,5 cm slangavstånd, eller med ytmyllningsaggregat (tabell 2). Vid spridning före sådd till vårsådd gröda nedmyllades gödseln inom högst 2-3 timmar med tallriksharv eller plog.

Från och med hösten 2005 bryts fånggrödan efter höstvetet kemiskt (glyphosat) på i oktober med syfte att reducera förekommande rotoogräs inför den efterföljande potatisen.

Provtagningar och analyser

Dräneringsvatten

Dräneringsvattenproven tas med ett automatiskt provtagningsystem som tar ut flödesproportionella samlingsprov från varje enskild ruta. Dataloggern, som mäter avrinningen, beräknade och ackumulerar avrunnen vattenvolym, då en förinställd volym hade uppnåtts aktiverades en peristaltisk pump för uppsugning av ett delprov om ca 15 ml till samlingsprovet, vars koncentration därmed kommer att representera den under provtagningsperioden avrunna vattenmassans koncentration. Den förinställda volymen motsvarade en avrinning på ca 0,2 mm.



Figur 1. Försöksrutor med dräneringssystem och skiss över mätstationen med vippkärl.

Tabell 3. Tillförda mängder av N, P och K till respektive gröda i svinväxtföljden. Handelsgödselvärderna i NH₄-N-kolumnen innefattar även nitratkvävet i handelsgödseln

År		Total-N	NH ₄ -N	P	K	Total-N	NH ₄ -N	P	K	Total-N	NH ₄ -N	P	K
	Gröda:	Korn + insådd				Grönträda				Havre			
2005	Stallgödsel	165	130	18	117					116*	91	13	82
	H-gödsel		-	-	-					54	-	-	-
2006	Stallgödsel	160	115	29	128					96*	69	17	77
	H-gödsel		-	-	-						-	-	-
2007	Stallgödsel	130	73	30	45					165	118	7	84
	H-gödsel		-	-	-						-	-	-
2008	Stallgödsel	184	100	40	67					133	82	18	52
	H-gödsel		-	-	-						-	-	-
	Summa	639	418	117	357	0	0	0	0	564	360	55	295
	Medel/år	160	105	29	89	0	0	0	0	141	90	14	74
	Gröda:	Höstvete + fånggröda				Potatis				Rågvede + fånggröda			
2005	Stallgödsel	121	95	12	80	-	-	-	-	121	95	12	80
	H-gödsel		35				94	45	95		16		
2006	Stallgödsel	80	58	17	77	-	-	-	-	80	58	17	77
	H-gödsel		68	-	-		90	38	143		48	-	-
2007	Stallgödsel	74	42	17	26	-	-	-	-	74	42	17	26
	H-gödsel		54	-	-		90	38	143		62	-	-
2008	Stallgödsel	92	50	20	33	-	-	-	-	92	50	20	33
	H-gödsel ¹⁾		55				49	51	270		45		
	Summa	367	457	66	216	-	323	172	651	367	416	66	216
	Medel/år	92	114	17	54	-	81	43	163	92	104	17	54

* Vårspredning 2005 och 2006, därefter sen höstspredning på grönträdan.

¹⁾ Potatisledet var 2008 delat på tre olika N.nivåer. Här redovisas medelgödslingen på rutan som helhet

Tabell 4. Tillförda mängder av N, P och K i nötväxtföljden. Handelsgödselvärderna i NH₄-N-kolumnen innefattar även nitratkvävet i gödseln

År		Total-N	NH ₄ -N	P	K	Total-N	NH ₄ -N	P	K
	Gröda:	Grönsäd + insådd				Vall I			
2005	Stallgödsel	148	82	20	114	90	45	17	81
	H-gödsel		-	16	-		90	-	280
2006	Stallgödsel	140	60	30	124	70	30	15	62
	H-gödsel		-	16	-		45	-	100
2007	Stallgödsel	130	73	30	45	78	35	10	50
	H-gödsel		-	-	-		90	-	100
2008	Stallgödsel	164	80	20	134	123	60	15	100
	H-gödsel		-	-	-		90	-	100
	Summa	582	295	132	417	361	485	57	873
	Medel/år	146	74	33	104	90	121	14	218
		Vall II				Majs			
2005	Stallgödsel	156	103	34	146	185	102	25	145
	H-gödsel		135	-	280		90	-	-
2006	Stallgödsel	196	99	36	167	175	75	38	155
	H-gödsel		90	-	200		108	20	-
2007	Stallgödsel	188	85	28	167	168	91	17	82
	H-gödsel		135	-	200		108	20	-
2008	Stallgödsel	216	102	25	160	164	80	20	134
	H-gödsel		135	-	200		101	21	-
	Summa	756	884	123	1520	692	755	161	516
	Medel/år	189	221	31	380	173	189	40	129

Efter provtagningen reverserades pumpen så att slangen tömdes. Under provtagningsperioden stod samlingsprovet mörkt och svalt. Samlingsproven vittjades 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. Totalkväve analyserades på samma sätt efter det att organiskt och oorganiskt kväve oxiderats till nitratkväve. Fosfor och kalium analyserades enligt Europeisk standard (European Committee for Standardization 1996), fosfatfosfor efter filtrering.

Flytgödsel

Vid försöksplatsen finns gödselbehållare som vardera rymmer ca ett års behov av svin- resp. nötgödsel. Behållarna fylls under senvintern varvid gödseln provtas för fullständig analys i god tid före vårens första spridning. Vid spridning uttogs ett samlingsprov med delprov från varje lass för slutlig bestämning av utspridd mängd växtnäring. På samlingsprovet analyserades torrsubstans, ammonium- och totalkväve, totalfosfor, kalium och totalkol.

Skördar, skörderester och kvävebortförel med grödan

Skördens storlek bestämdes rutvis. Tre drag tröskades med försökströska tvärs över dräneringsledningarna. Kärnskörden vägdes och separata prov för analys uttogs från varje tröskdrag. Vall- och grönsädesskördar, liksom tillväxten på EU-trädan, bestämdes på motsvarande sätt med skördemaskin för vallförsök. EU-trädan putsades 2-3 gånger under växtsäsongen men inget växtmaterial bortfördes. Potatisskördens storlek bestämdes genom att skörda tre, 20 meter långa, drag om vardera två rader. Stråsädeshalmen från vårsäd med vallinsådd samt från rågvete bortfördes. Övriga skörderester 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, före flytgödselspridning på vall, stråsädens gulmognad, före tidig höstbearbetning, ca 1 oktober och i mitten av november (före ev. flytgödselspridning). Frekvensen provtagningar och valda provtagningstillfällen anpassades efter resp. gröda. Proven togs 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 växtnäringutlakning

Den aktuella analyserade koncentrationen på det flödesproportionella samlingsprovet 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 årsmedelkoncentration. För beräkning av den årliga kväveutlakningen från respektive försöksruta multiplicerades årsmedelkoncentrationen med en gemensam normalårsavrinning för Mellby-området. 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

Tabell 5. Nederbörd och avrinning vid Mellby

Agrohydro- logiskt år	Nederbörd (mm)	Avrinning (mm)
2005/2006	680	310
2006/2007	867	510
2007/2008	912	460

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.

RESULTAT OCH DISKUSSION

Klimat och avrinning

Nederbörden var två av försöksåren större än den normala i området, tabell 5. SMHI:s långtidsmedelvärde (1961-1990, kalenderår) för Genevad (ca 10 km norr om Mellby) är 773 mm/år. Årsavrinningen avspeglade inte nederbördens variation, men det måste påverkas nederbördens fördelning under året har mycket stor inverkan. Merparten av avrinningen skedde under perioden oktober till mars, men under den aktuella perioden har avrinningen under sommarmånaderna har ofta varit högre än vad som annars har varit normalt på platsen. Månadsvis medelavrinning presenteras i figurerna 3 och 4.

Skördar av de huvudsakliga skördeprodukterna

Gröd- och årsvisa produkt- och kväveskördar från de båda växtföljderna redovisas i tabell 6. I tabell 7 redovisas motsvarande värden för fosfor och kalium. Medelskördarna av spannmål och potatis var tämligen låga, speciellt den våta sommaren 2007. Potatisodlingen misslyckades mer eller mindre helt detta år. I värdena för grönsäd ingår en andraskörd på insådden som togs i september. Skördarna av vallfoder och grönsäd i har varit nära de normala. Skörden av fodermajs har varit mycket varierande, i medeltal omkring 12 ton ts./ha, men åren 2005 och 2008 misslyckades etablering och ogräsbekämpning vilket ledde till att ogräset till stor del tog över (tabell 6).

Tabell 6. Årsvisa produkt- (ton/ha) och kväveskördar (kg/h) i svin- resp. nötkreaturväxtföljderna. Kväve i bortförd hal, ej inräknad. Värden med kursiv stil avser ej bortförd produktion på grönträdan. (Spannmål med 15% vh, vall och majs som ts och potatis som färskvikt). År 2008 var ledet (rutan) med potatis delad i 3 olika N-nivåer, här redovisas medeltalen för hela rutan

Gröda	År: 2005		2006		2007		2008		Medeltal	
	ton/ha	kg/ha	ton/ha	kg/ha	ton/ha	kg/ha	ton/ha	kg/ha	ton/ha	kg/ha
<i>Svingården</i>										
Korn + insådd	3,9	66	3,8	72	3,5	43	2,9	69	3,5	63
Grönträda ¹⁾	4,6	60	5,6	92	8,2	135	3,9	65	5,6	88
Havre ²⁾	1,1	21	2,5	47	2,4	35	4,4	70	3,1	43
Höstvete	5,6	92	4,9	87	2,5	45	4,5	61	4,4	71
Potatis	40,0	137	27,9	125	17,6	41	37,4	94	30,7	99
Rågvete	7,3	111	6,5	113	3,4	62	4,4	56	5,4	86
<i>Nötgården</i>										
Grönsäd + insådd	8,4	86	6,7	125	2,9	46	7,5	116	6,4	93
Vall I	6,8	153	8,0	143	7,1	153	8,0	152	7,5	150
Vall II	9,4	231	9,8	211	8,5	201	13,5	328	10,3	243
Majs	6,1	82	17,1	213	18,9	193	4,2	48	11,6	134

¹⁾ Höstplöjd 2005, därefter tidig vårbearbetning före havren, skörden ej bortförd

²⁾ Höstraps 2005, ingår ej i skördemedeltal men ingår i medeltal för "bortfört N".

Tabell 7. Årsvis bortförsel av fosfor och kalium (kg/ha) i i svin- resp. nötkreaturväxtföljderna. År 2008 var ledet (rutan) med potatis delad i 3 olika N-nivåer, här redovisas medeltalen för hela rutan

Gröda	År: 2005		2006		2007		2008		Medeltal	
	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K
<i>Svingården</i>										
Korn + insådd	13	15	11	15	13	15	10	10	12	14
Grönträda ¹⁾	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Havre ²⁾	8	12	10	11	9	10	17	16	11	12
Höstvete	16	20	12	17	7	9	11	19	12	16
Potatis	22	185	11	148	10	78	19	173	16	146
Rågvete	24	33	25	34	13	16	13	18	19	25
<i>Nötgården</i>										
Grönsäd + insådd	15	132	14	144	7	55	19	154	14	121
Vall I	23	182	23	206	21	190	24	195	23	193
Vall II	31	269	31	292	28	254	44	335	34	288
Majs	17	95	44	191	47	218	10	51	30	139

¹⁾ Höstplöjd 2005, därefter tidig vårbearbetning före havren, skörden ej bortförd

²⁾ Höstraps 2005, ingår i medeltal för "bortförd P och K".

Medelkoncentrationer av kväve och fosfor, mineralkväve i marken samt utlakning av växtnäringsämnen

Medeltal för mineralkväveinnehållet i markprofilen vid flertalet provtagningstillfällen under året och månadsvisa aritmetiska medeltal av integrerade månadsmedelkoncentrationer av totalkväve och totalfosfor visas i figurerna 3 och 4. framgår av figur 2. Utlakning av nitrat och totalkväve presenteras i tabell 8, och utlakningen av fosfor och kalium i tabell 9.

Den högre avrinningen under sommarmånaderna är troligen är en bidragande orsak till fosfortopporna i svinväxtföljden. För grönträdans del är detta sannolikt kopplat till de stora mängder avputsad grönmassa som lämnades kvar på fältet, de ekologiska grüngödslingsvallarna på ett intilliggande försök har tidigare uppvisat liknande tendens (Torstensson, 2006). De båda andra tydliga "sommartopporna" i fosforkoncentration (höst- resp. rågvete) kan vara förknippade med den ytmillade svinflytgödseln på våren.

Den höga fosfortoppen under vårvintern mellan rågvete och korn är svår att förklara, den är delvis resultat av ett år (våren 2008) med extra höga koncentrationer i april – maj, men tendensen till ökade koncentrationer finns även de andra åren. Det bör även noteras att den varit kopplad till tämligen små avrinningsmängder (figur 3).

Kvävekoncentrationerna har inte påverkats i samma grad av sommaravrinningen, det är bara i potatis, under tidigt utvecklingsstadium, som man kan se en viss koncentrationsökning i juni-juli i samband med ökad avrinning (observera att grödgränserna i diagrammen följer det agrohydrologiska året, 1 juli – 30 juni).

I nötväxtföljden syns väldigt lite avrinningspåverkan på koncentrationerna av både fosfor och kväve. Vallinsådd och de dominerande, skördade, vallarna utgör troligen en stabiliserande faktor. Vad gäller fosfor kan det dock inte uteslutas att skiftande alvegenskaper i någon mån kan ha påverkat resultatet, generellt sett har vi intrycket att "nötrutorna" uppvisar något mer järnförekomst i dräneringsvattnet jämfört med de rutor som har använts till svinväxtföljden.

Grönträdan, som bröts tidigt på våren (feb.-mars), har givit en tydlig efterverkan i form av mineralkväve i marken under hösten efter havren. Tidvis låga havreskördar liksom det nysådda höstvetets bristande förmåga att ta hand om större kvävemängder på hösten

Tabell 8. Årsvis utlakning av nitrat- resp. totalkväve (kg/ha o. agrohydrologiskt år).

Föreg. gröda	Agrohyd. år: 2005/2006		2006/2007		2007/2008		Medeltal	
	NO ₃ -N	Total-N	NO ₃ -N	Total-N	NO ₃ -N	Total-N	NO ₃ -N	Total-N
<i>Svingården</i>								
Korn + insådd	20	25	38	48	11	17	23	30
Grönträda	8	14	93	104	15	22	39	47
Havre*	44	50	68	78	28	35	47	54
Höstvete	46	54	91	108	30	37	56	66
Potatis	60	69	167	178	86	95	104	114
Rågvete	34	42	41	47	19	26	31	38
<i>Nötgården</i>								
Grönsäd + insådd	8	11	26	31	7	11	14	18
Vall I	7	10	35	41	8	12	17	21
Vall II	17	20	35	42	12	15	21	26
Majs	47	51	75	85	41	45	54	60

* 2005. Höstraps

Tabell 9. Årsvis utlakning av totalfosfor och kalium (kg/ha o. agrohydrologiskt år) Utlakningen efter potatis 2004 ingår ej i medeltalen

Föreg. gröda	Agrohyd. år: 2005/2006		2006/2007		2007/2008		Medeltal	
	Total-P	K	Total-P	K	Total-P	K	Total-P	K
<i>Svingården</i>								
Korn + insådd	0,09	25	0,42	44	0,40	25	0,30	31
Grönträda	0,47	19	0,29	49	0,73	42	0,50	36
Havre*	0,22	17	0,73	42	0,42	39	0,46	33
Höstvete	0,12	21	0,25	34	0,78	43	0,39	33
Potatis	0,06	17	0,22	48	0,33	46	0,21	37
Rågvete	0,26	23	0,28	27	0,71	29	0,42	26
<i>Nötgården</i>								
Grönsäd + insådd	0,07	12	0,23	14	0,20	23	0,17	16
Vall I	0,16	12	0,23	21	0,14	17	0,17	17
Vall II	0,08	9	0,21	23	0,17	19	0,15	17
Majs	0,08	14	0,14	30	0,10	35	0,11	26

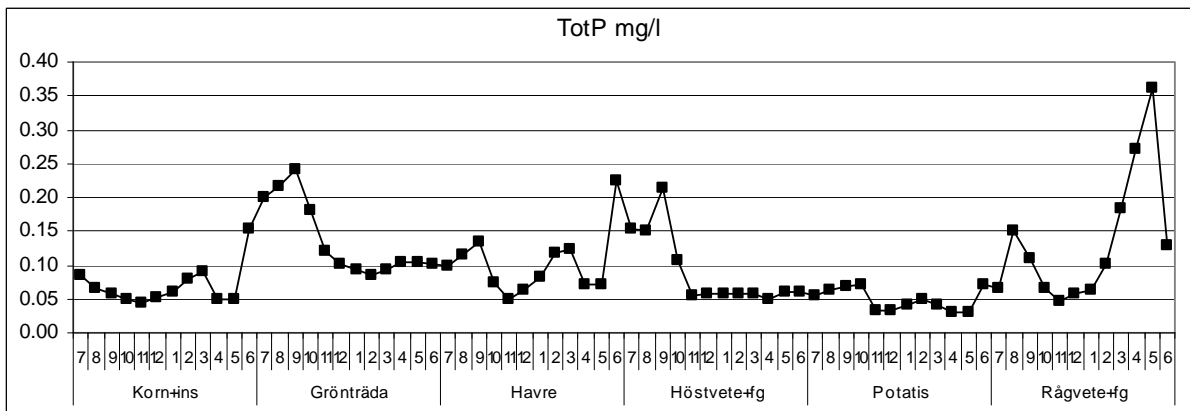
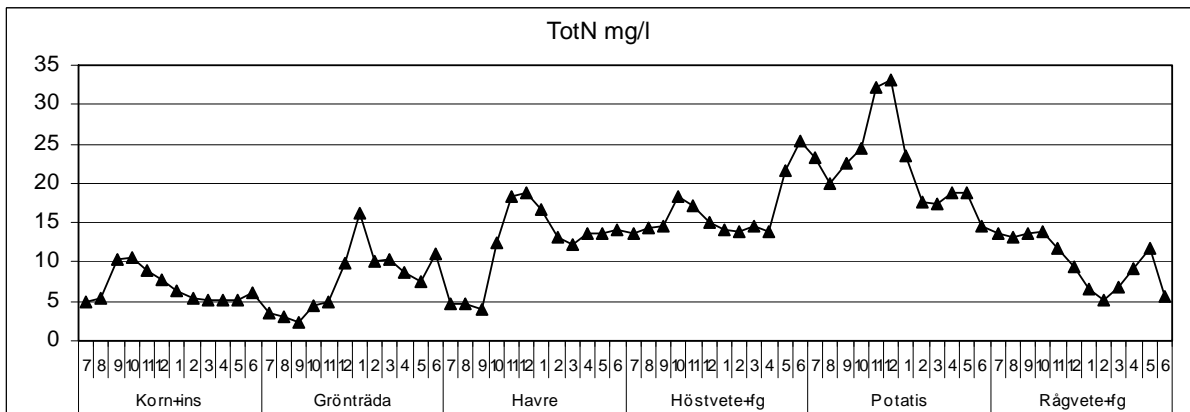
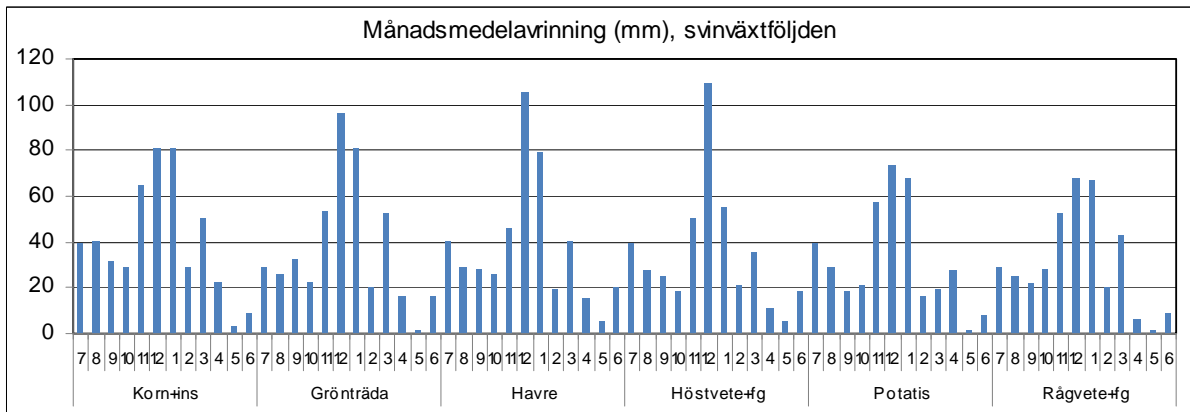
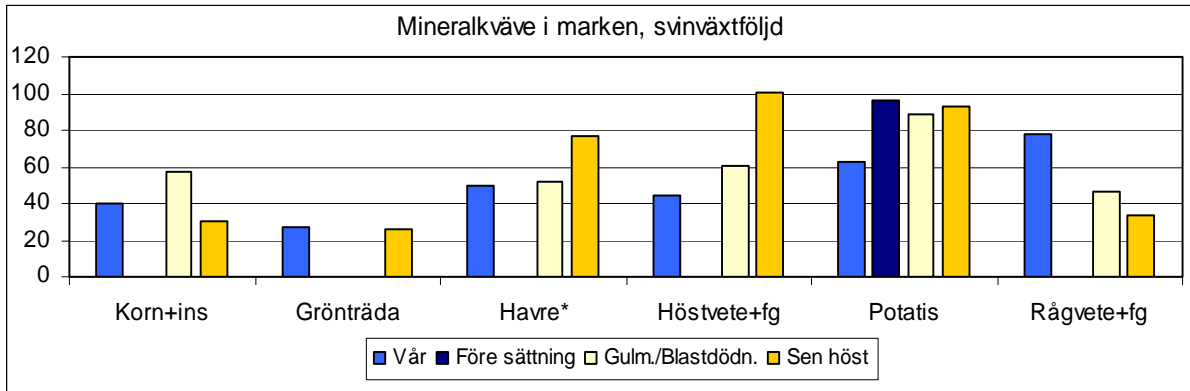
* 2005. Höstraps

har bidragit till relativt hög utlakning (figur 2 och tabell 8). En ytterligare orsak är att den avbrutna höstrapsen, hösten 2005, medförde extra stora restkvävemängder under senhösten.

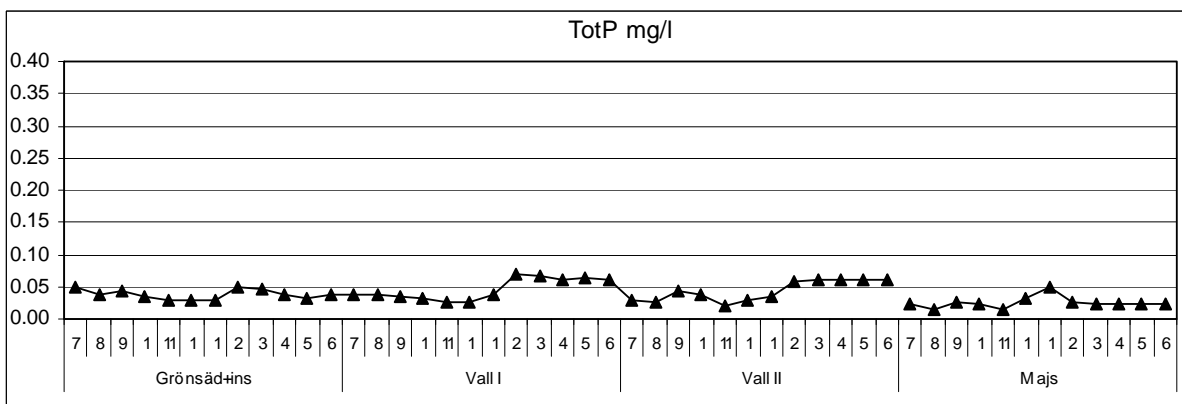
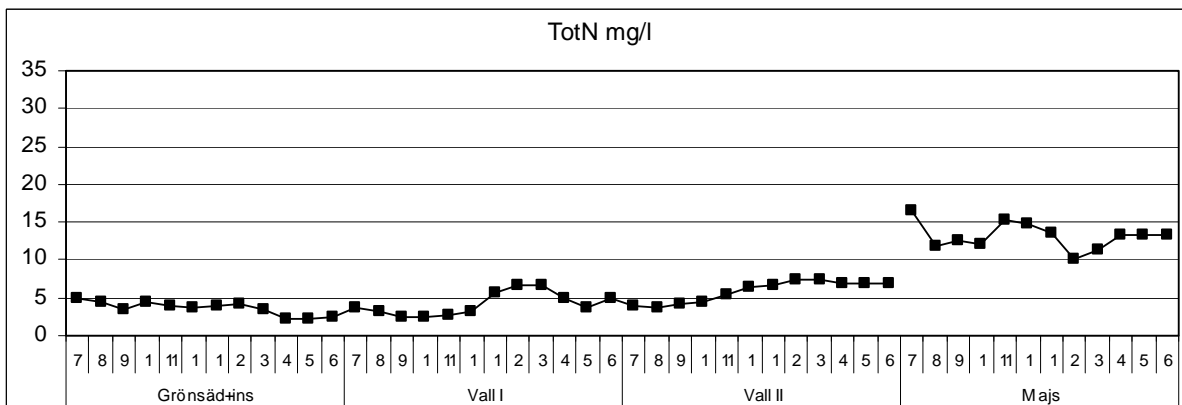
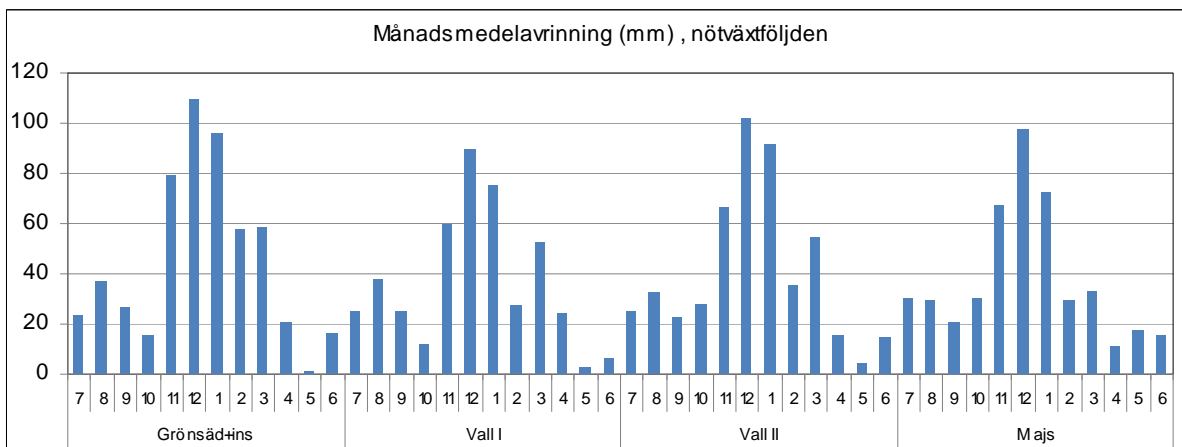
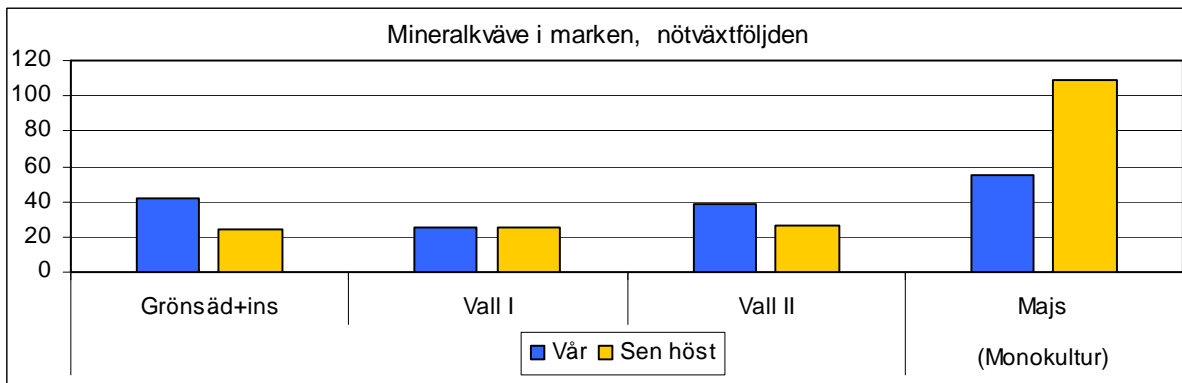
Det förhöjda mineralkvävevärdet på senhösten efter höstvetet, liksom den relativt höga kväveutlakningen (sämre fånggrödeeffekten), kan vara en effekt av den kemiska brytningen av fånggrödan. Däremot har fånggrödan haft tillfredställande effekt i rågvetet med mer acceptabla mineralkvävenivåer och kväveutlakning som följd.

Även fodermajsen har efterlämnat stora mängder restkväve med hög utlakning som följd. Några år förefaller majsen varit "övergödslad" i förhållande till skördeutfallet. Troligen är sambandet mellan majs och hög kväveutlakning även påverkad av odlingstekniken, med stora radavstånd (80 cm) och inte tillräckligt snabb och kraftig rotutveckling för att i tid tillvarata växtnäring som hamnat i radmellanrummen.

Medelutlakningen av fosfor uppgick till ca 0,4 och 0,2 kg P/ha i svin- resp. nötväxtföljden. De flesta år uppvisade grönträdan jämförelsevis hög fosforutlakningen, medan fosforutlakningen efter potatis har, som alltid på Mellby, varit jämförelsevis låg (jmf. Torstensson *et al.*, 2006). I dagsläget har vi inget förslag till hur det senare kan förklaras, men frågan kanske kan bli utgångspunkt för andra forskningsprojekt. Kaliumutlakningen var högre från svinväxtföljden, 33 kg/ha i medeltal, mot 19 kg/ha i nötväxtföljden (tabell 9).



Figur 3. Medelinnehåll av mineralkväve (kg/ha) vid olika tidpunkter under perioden 2005 till 2008, månadsmedelavrinning och aritmetiska medeltal av integrerade månadsmedelkoncentrationer i svinväxtföljden under de tre utlagningsåren. (* Höstraps år 2005, gäller för alla diagrammen.)



Figur 4. Medelinnehåll av mineralkväve (kg/ha) vid olika tidpunkter under perioden 2005 till 2008, månadsmedelavrinning och aritmetiska medeltal av integrerade månadsmedelkoncentrationer i nötväxtföljden under de tre utlagningsåren.

Balanser av fosfor och kalium

Fosfor- och kaliumbalanser för perioden 2005 till 2008 i de båda växtföljderna presenteras i tabell 10. Bruttotillförsel av fosfor och kalium med stall- och handelsgödsel jämförs med bortförsel genom skörd och utlakning.

Den faktiska medeltillförseln med stallgödsel i svinväxtföljden har in riktigt nått upp till målet i växtodlingsplanen på 17 kg/ha och år under denna period. I nötväxtföljden ligger motsvarande tillförsel 2 kg över målet på 22 kg/ha och år. Fosfor befinner sig nära balans i båda växtföljderna. Handelsgödsel-fosfor härrör i huvudsak från odlingen av potatis resp. fodermajs (startgiva vid sådd). Sett ur fosforbalans-synpunkt skulle annars behovet av extra handelsgödsel-fosfor vara högst obetydligt. På jordar i hög fosforklass borde startgivan av fosfor vid majssådd (20 kg) kunna reduceras, eller tas bort helt, likaså borde den totala fosforgivan till potatis kunna minskas. Svinväxtföljden uppvisar ett mindre kaliumöverskott medan god kaliumbalans råder i nötväxtföljden (tabell 10)

Tabell 10. Fältbalanser för fosfor och kalium under perioden 2005 till 2008. Medelårsvärden beräknade som summa tillfört resp. bortfört dividerat med antalet grödor i växtföljden x 3 år. Värden i kg/ha

	Svingården		Nötgården	
	P	K	P	K
<i>Tillförsel</i>				
Stallgödsel	13	45	24	117
Handelsgödsel	7	27	6	91
<i>Summa tillförsel</i>	20	72	30	208
<i>Bortförsel</i>				
Med skördeprodukter	11	33	27	188
Utlakning	0,4	33	0,2	19
<i>Summa bortförsel</i>	12	66	27	207
Balans (kg/ha/år)	+8	+6	+3	-1

Olika kvävenivåer till potatis, 2008

Utlakningen efter potatisen har i detta försök ofta varit mycket hög och med en tendens att öka med åren. Med tanke på systemets uppbyggnad, med olika åtgärder för att minimera kväveutlakningen, förefaller det inte orimligt att markens potential att leverera mineraliserat kväve kan ha ökat. Detta borde rimligen medföra att gödslingsbehovet, speciellt till grödor med relativt långvarigt kväveupptag som potatis, minskar. För att testa denna hypotes delades ledet (rutan) med potatis i tre delrutor där målkvävevärdet i matjorden vid sättnings sänktes två steg (90 resp. 60 kg N/ha) i förhållande till det normalt använda (120 kg N/ha). För att ytterligare renodla effekten uteslöts den andra givan om 30 kg N/ha som brukar tillföras i samband med slutkypningen. Givorna av fosfor och kalium kompletterades till samma nivå i alla delrutorna.

Skörderesultaten från detta enkla delförsök tyder på att man under rådande odlingsförhållanden med återkommande stallgödseltillförsel och t.ex. regelbunden odling av fånggröda har kunna sänka målvärdet för kvävetillgången med åtminstone 30 kg/ha utan att skörden har påverkats negativt. Även en viss reduktion av mineralkvävenivån i marken på senhösten kunde konstateras efter de lägre målkvävevärdena.

Tabell 11. Resultat från delförsöket med sänkta målkvävevärden till potatis år 2008

Målkvävevärde (kg/ha)	120	90	60
N-min vid sättning, 0-30 cm, kg/ha	43	45	43
Kvävegödsling, kg/ha	80	49	17
Kvävetillgång vid sättning, kg/ha	123	94	60
Knölskörd, ton/ha	41.9	41.9	28.5
Kväveskörd, kg/ha	115	105	63
N-min, 0-90 cm, kg/ha			
Vid blastdödning	51	48	53
Sen höst	63	49	55

LITTERATUR

- European Committee for Standardization 1996. 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 växtnäringlära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén, B. 1979. Alvprovtagning med ”Ultuna-borren”- för markkartering och framtida N-prognoser. Rapport 120. Avdelningen för växtnäringlära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Torstensson, G., Gustafson, A. och Lindén B. 1993. Kväveutlakning på sandjord - motåtgärder med ny odlingsteknik. Ekohydrologi nr 31. Inst. för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Torstensson, G. & Håkansson, M. 2001. Kväveutlakning på sandjord – motåtgärder med ny odlingsteknik, Miljöanpassad stallgödselanvändning och odling i realistiska odlingssystem, Perioden 1991-1999. Ekohydrologi nr 57. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Torstensson, G. & Ekre, M. 2003. Kväveutlakning på sandjord – motåtgärder med ny odlingsteknik, Miljöanpassad stallgödselanvändning och odling i realistiska odlingssystem, Perioden 1999-2001. Ekohydrologi nr 71. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Torstensson, G. 2006. Ekologisk odling - Utlakningsrisker och kväveomsättning. Odlingsystem med och utan djur på sandjord i Halland och på lerjord i Västergötland, Slutrapport för perioden 2002 till 2005. Teknisk rapport nr 99, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Torstensson, G., Ekre, E.& Gustafson, A. 2006. Kväveutlakning på sandjord – motåtgärder med ny odlingsteknik, Miljöanpassad stallgödselanvändning och odling i realistiska odlingssystem, Slutrapport för perioden 2002-2005. Teknisk rapport nr 100. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Wagner, R. 1974. A new method for authomated nitrate determination in sea water using the AutoAnalyzer (in German). Technicon Symposium, Frankfurt am Main.