

Utveckling av integrerad, ekologisk och konventionell växtodling

Maria Stenberg^{1,2}, Karl Delin¹, Mats Söderström² och Carl-Anders Helander¹

¹ Hushållningssällskapet Skaraborg, Box 124, 532 22 Skara

² SLU, Institutionen för mark och miljö, Box 234, 532 23 Skara

Bakgrund och mål

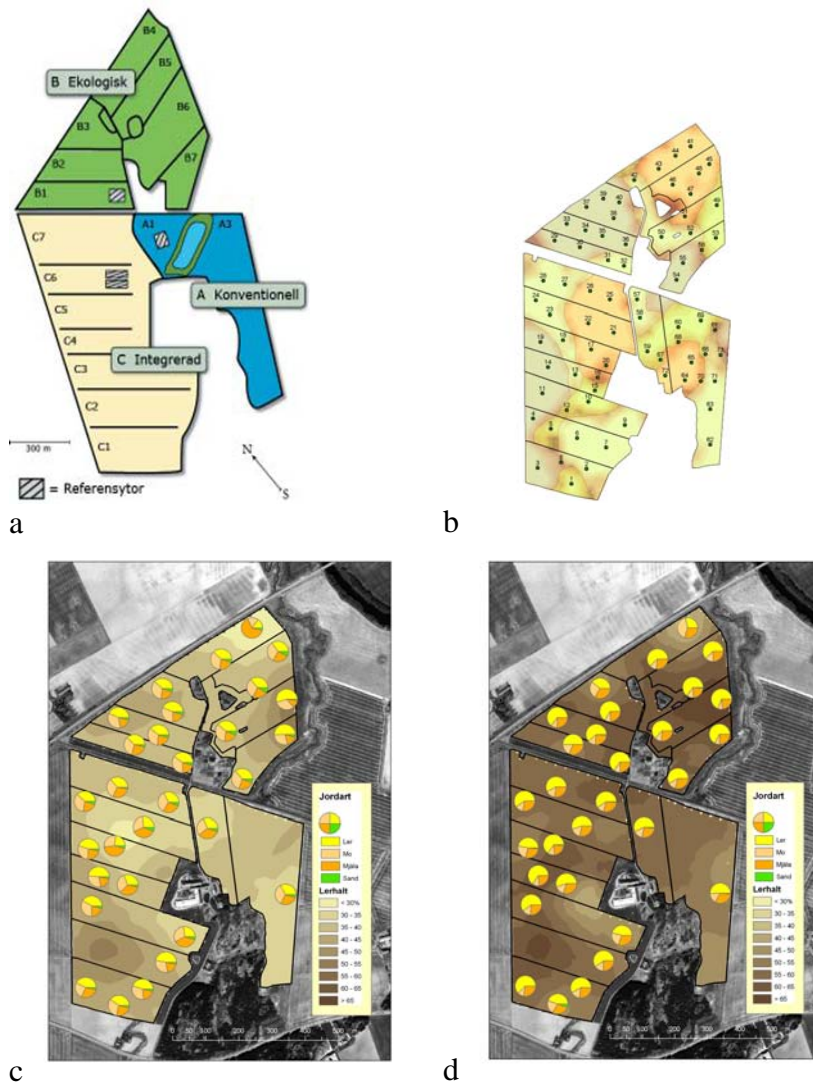
För att utveckla svensk växtodling mot bättre lönsamhet och minskad negativ miljöpåverkan måste vi få större kunskap om kväveomsättningen och kväveutnyttjande i olika odlingsystem och växtföljder och hur olika faktorer interagerar, speciellt på våra lerjordar. Hur skall våra odlingsystem förändras för att säkerställa minimala förluster till luft och vatten?

Idag finns tydliga mål för lantbruket med avseende på effekterna på miljön och då speciellt utlakning av kväve. I forskning och försök har man visat på hur olika odlingsåtgärder påverkar kväveutlakningen framför allt på lätta jordar (Stenberg et al., 1999; Aronsson, 2000). Studier av kväveomsättning på lerjordar indikerar att det är större variation i kväveinnehåll under hösten mellan plats och år än på de lätta jordarna och att kväveförlusterna under hösten kan vara stora men att förlustvägarna är betydligt mindre kända än på lätta jordar (Myrbeck et al., 2003; Stenberg et al., 2003; Wetterlind et al., 2003). Tillförseln av kväve med en baljväxtgröda som grüngödsling kan uppgå till över 200 kg N per hektar (se t.ex. Høgh-Jensen et al., 2004). Faktorer som tidpunkt för nedbrukning, temperatur, vattenhalt och kvaliteten på det nedbrukade materialet har betydelse för kvävetillgängligheten för efterföljande grödor (Lloyd & Taylor, 1994; Ambus & Jensen, 1997; Mueller et al., 1997; Wivstad, 1997; Henriksen & Breland, 1999). Utbytet för övriga grödor bör vara så stort som möjligt för att få god ekonomi i produktionen. I ekologisk odling är ofta det största problemet att kontrollera kväveomsättning så att de grödor som är beroende av kväve från baljväxter och grüngödslingvallar har tillräcklig kvävetillgång under växtsäsongen och förlusterna till omgivande miljö så små som möjligt.

Många av lerjordarna i Mellansverige är struktursvaga med låg genomsläpplighet för vatten vilket kan innebära ogynnsamma förhållanden för grödors tillväxt. Potentialen för mineralisering av kväve är i regel stor men förlustvägarna för det kväve som mineraliseras skiljer sig från de lätta jordarna genom större risk för gasformiga kväveförluster genom denitrifikation och nitrifikation (Kasimir Klemetsson, 2001). Om perioder med riklig nederbörd inträffar när kväve finns lättillgängligt i marken kan detta ge stora kväveförluster genom gasavgång förutom genom utlakning av kväve.

Målet med det här redovisade projektet var att genom studier på fältnivå av kväveomsättning i växtodlingssystem öka kunskapen kring kvävetets öden på en lerjord. Den huvudsakliga frågeställningen var att identifiera odlingsåtgärder som kan regleras och som tydligt påverkar kväveomsättningen så att ett ökat utnyttjande av insatsmedlet kväve kan uppnås för förbättrad lönsamhet och minskad miljöpåverkan.

Projektet genomfördes på en försöksgård i nordvästra Götaland som drivs med tre olika odlingsystem på lerjord. Kväve i växter, jord och dräneringsvatten följdes under drygt tre år. Parallellt med det här projektet genomfördes andra studier, bl.a. mätningar av emissioner av växthusgasen lustgas (N₂O) från några grödsekvenser i ett projekt finansierat av Formas och inom EU-projektet "Nitrogen Europe" (NEU). Utlakning av fosfor och pesticider har också studerats i projekt finansierade av Formas och SLF.



Figur 1. a) Odlingsystemen och skiftenas inbördes placering på Logården, b) fastlagda provtagningspunkter, c) jordart (lera, mjåla, mo och sand, %) i matjord och d) i alv med interpolerad lerhalt (%) i bakgrunden.

Material och metoder

Försöksplats

Projektet utfördes hösten 2004 till våren 2008 på Hushållningssällskapets gård Logården, Grästorps, där det sedan 1991 pågår utveckling av integrerad, ekologisk och konventionell växtodling (figur 1) inom ett odlingsprojekt, "Logårdsprojektet" (Helander, 2002; Delin, 2003; Helander & Delin, 2003). Målsättningen är att utveckla växtodlingssystem som är uthålliga, produktiva och ger ändamålsenliga produkter. Logårdsprojektet följer den metodik för odlingsystemutveckling som utarbetats av ett europeiskt forskarnätverk för integrerade och ekologiska odlingsystem där tydliga mål och prioriteringar sattes upp för respektive odlingsystem (Vereijken, 1997; Helander & Delin, 2003). Projektet har ett långsiktigt mål då utvärdering av olika odlingsystems konsekvenser ur biologisk/ekologisk synpunkt kräver långsiktiga studier. Under projektets gång görs justeringar för att få odlingsystemen att närma sig målet uthållig odling. Systemen kan inte jämföras med varandra då de ligger samlade utan planen medger analys inom systemen över tiden. De tre olika växtföljderna drivs på fasta skiften. Det konventionella systemet har en sexårig växtföljd och det ekologiska och det integrerade har sjuåriga växtföljder från och med 2004 (tabell 1). Gröngödsling i det ekologiska systemet består av ettårig rödklöver/gräsvall som putsas 2-3 gånger per säsong och i det integrerade är vallen tvåårig och innehåller även lusern. Det integrerade systemet brukas

huvudsakligen plöjningsfritt, några av skiftena plöjs vid behov sedan 2004. Jordbearbetning på hösten behovsanpassas för att minimera risken för oönskade kväveförluster och förekomsten av roto-gräs på respektive skifte får styra stubbearbetningen. Brukningsförhållandena på hela gården är väl kända då driften dokumenterats kontinuerligt sedan starten 1991 (Delin, 2003). Dräneringssystemet på hela gården förnyades 2003. Matjord, plogsula och alv på Logården karakteriserades 2003 vilket möjliggör kvantitativa och kvalitativa registreringar av förändringar i odlingsystemen och i dess produkter (Roland, 2003; Stenberg et al., 2005). Vid karakteriseringen fastlades provtagningspunkter anpassade till markens variationer. Provtagning av jord och gröda i det här projektet har styrts till dessa punkter (figur 1b). Jordarten är mellanlera (figur 1 c-d) med 2-3 % mullhalt. Klimatstationen uppgraderades 2005 med stöd av VL-stiftelsen.

Tabell 1. Grödor i odlingsystemen på Logården 2004-2008. I det ekologiska och i det integrerade odlingsystemet är det sjuåriga växtföljder och i det konventionella en sexårig växtföljd

Odlingsystem	Skifte	2004	2005	2006	2007	2008
Konventionell	A1	Havre	Höstvete	Havre	Höstvete	Havre
Konventionell	A3	Höstvete	Havre	Höstvete	Höstraps	Höstvete
Ekologisk	B1	Höstråg	Åkerböna	Vårvete	Gröngödsling	Gröngödsling ¹
Ekologisk	B2	Åkerböna	Vårvete	Gröngödsling	Vårvete ²	Höstvete
Ekologisk	B3	Gröngödsling	Höstraps ³	Höstvete	Gröngödsling	Råg
Ekologisk	B4	Höstvete	Gröngödsling	Höstråg	Åkerböna	Vårvete
Ekologisk	B5	Höstvete	Vårvete	Gröngödsling	Höstråg	Åkerböna
Ekologisk	B6	Havre helsäd	Gröngödsling	Höstraps	Höstvete	Gröngödsling
Ekologisk	B7	Gröngödsling	Höstråg	Åkerböna	Vårvete	Gröngödsling
Integrerad	C1	Gröngödsl. II	Höstraps	Höstvete	Havre	Åkerböna
Integrerad	C2	Havre	Åkerböna	Vårvete	Gröngödsl. I	Gröngödsl. II
Integrerad	C3	Höstraps	Höstvete	Havre	Åkerböna	Vårvete
Integrerad	C4	Gröngödsl. I	Gröngödsl. II	Höstraps	Höstvete	Havre
Integrerad	C5	Höstvete	Havre	Åkerböna	Vårvete	Gröngödsl. I
Integrerad	C6	Åkerböna	Vårvete	Gröngödsl. I	Gröngödsl. II	Höstraps
Integrerad	C7	Vårvete	Gröngödsl. I	Gröngödsl. II	Vårrops ²	Höstvete

¹ Tvåårig vall pga riklig förekomst av åkertistel.

² Misslyckad etablering av höstraps hösten 2006.

³ Dålig höstraps, putsad, ej till skörd.

Grödor

Ett separat samlingsprov av kärna från skördade skiften analyserades på innehåll av total-N. Ovanjordiskt växtmaterial i vallarna klipptes inom 2 m² per skifte och analyserades på biomassa, innehåll av total-N och klöverandel för beräkning av kvävefixering (Høgh-Jensen & Kristensen, 1995; Høgh-Jensen et al., 1998). Kvävefixering i åkerböna beräknades från fröskörd. Nettomineralisering av kväve under växtsäsongen beräknades från kväve i kärna och halm före skörd i 0N-rutor vid de fastlagda provtagningspunkterna. För beräkningen användes även innehåll av mineralkväve i marken 0-90 cm tidig vår och vid skörd. Nettomineralisering av kväve under hösten beräknas som differens mellan mineralkväveinnehållet vid skörd och sen höst och från uppmätt totalkväveutlakning. Kväveeffektivitet i växtföljderna beräknades som en kvot mellan tillfört kväve, inklusive kväve i tillförda gödselmedel, beräknad kvävefixering i baljväxter och kvävenedfall (6 kg N ha⁻¹), samt bortfört kväve. Skiftena skördekarterades och scannades med N-sensor 2005-2007 och mättes även med Mullvaden, en gammastrålningsmätare (the Mole, The Soil Company, Nederländerna) (Söderström et al., 2008).

Mineralkväve i marken

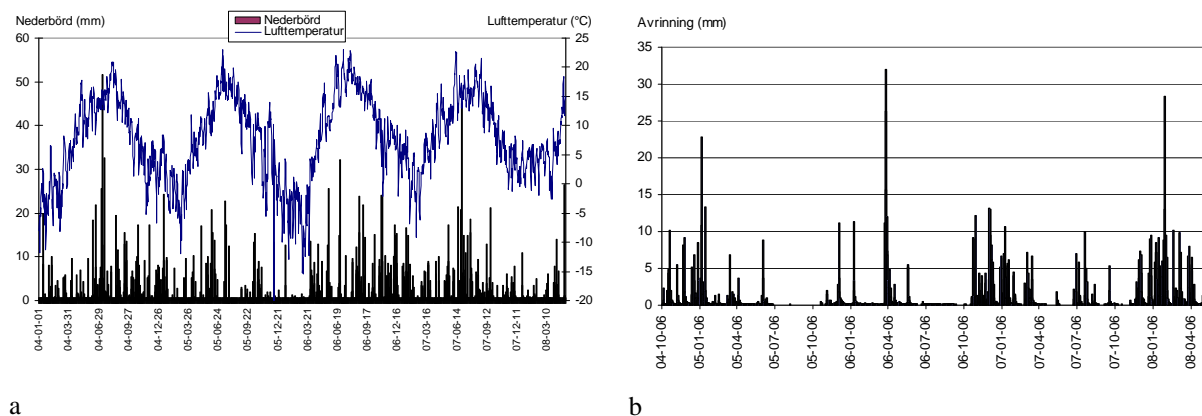
Jorden i provtagningspunkterna i respektive skifte provtogs i nivåerna 0-30, 30-60 och 60-90 cm vid tre tillfällen: tidig höst efter skörd och före brytning av vallar, sen höst och tidig vår, och analyserades skiftesvis på innehållet av mineralkväve (nitrat och ammonium). Vid några tidpunkter under projektperioden utfördes analyserna punktvis för att bestämma variationen inom skiftena.

Utlakning av kväve

Dräneringsvattnet från respektive skifte, 18 mätbrunnar totalt varav 9 i det integrerade, 7 i det ekologiska och 2 i det konventionella systemet, provtogs automatiskt och analyserades på nitrat, ammonium och total-N varannan vecka. I varje mätbrunn är ett V-överfall installerat för kontinuerliga flödesmätningar samt en pump för provtagning av vatten. Vattenprovtagningen sker flödesproportionellt styrt av samma datalogger som registrerar flödet.

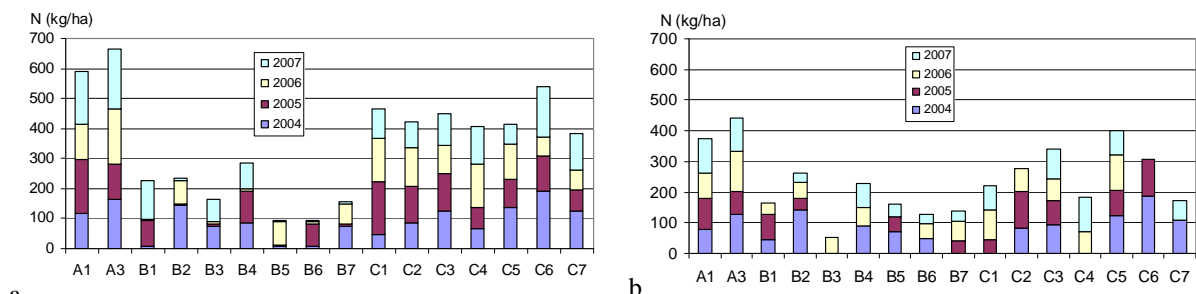
Resultat och diskussion

Våren 2006 var sen med snabb avsmältning av snö i början av april (figur 2a). Det ser man tydligt på avrinningen (figur 2b). Jämför man avrinningen under vintrarna ser man att dynamiken skiljer sig mellan åren. Avrinningen är i regel störst under sen höst och över vintern och om stora mängder lättlösligt kväve finns i markprofilen då, t.ex. om stora mängder kväve mineraliserats under hösten vid en jordbearbetning tidig höst, kan man få stora förluster av kväve genom utlakning under senhösten och vintern.



Figur 2. a) Daglig nederbörd och dygnsmedeltemperatur samt b) avrinning på Logården 2004-april 2008.

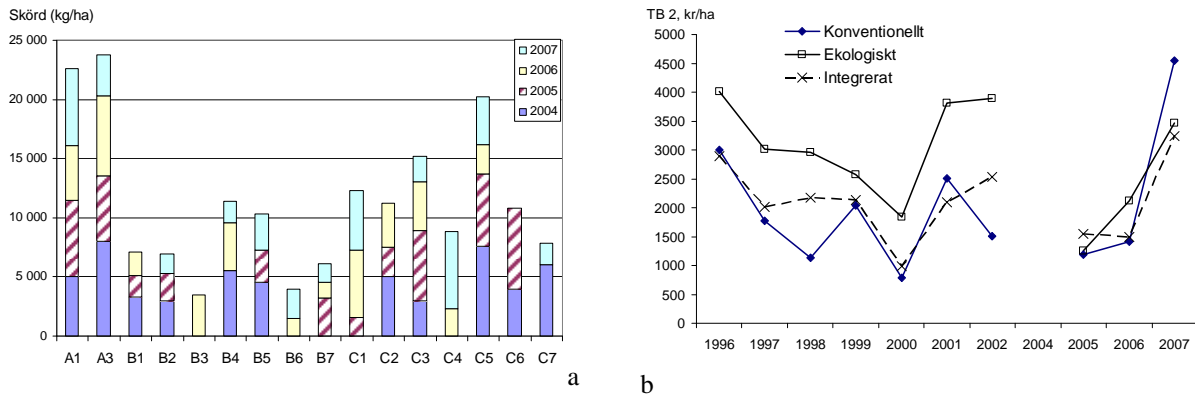
Skördar och kväveskördar



Figur 3. a) Tillfört kväve 2004-2007 beräknat från tillförda gödselmedel, kvävefixering och kvävenedfall, samt b) skördat kväve 2004-2007 från enskilt år och skifte på Logården.

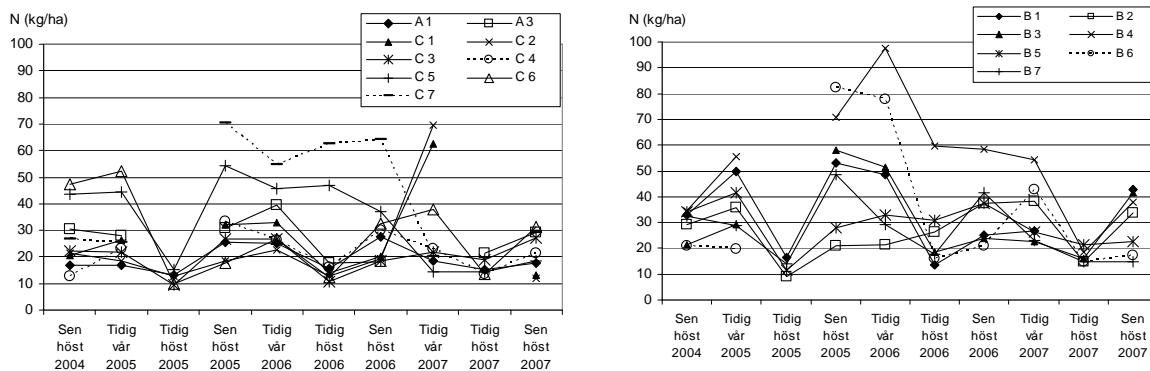
Mängden totalt tillfört kväve varierade mycket mellan år och skiften (figur 3a). I det ekologiska systemet tillförs kväve endast via kvävefixerande grödor. Mängden fixerat kväve beror på grödans tillväxt. En torr sommar blir inte tillväxten så stor och då blir också mängden kväve

som tillförs systemet mindre. Vallarna putsades en till tre gånger per säsong beroende av tillväxt och förekomst av åkertistel. Beräknad kvävefixering varierade mellan 14 och 107 kg N ha⁻¹ vid enskilda klippningar under perioden. Vid tidig brytning (tabell 2), som när höstraps skall odlas efter vallen, kan den totala mängden kväve som tillförs systemet med vallen bli betydligt lägre än om vallen får ligga längre in på hösten. Mängden bortfört kväve skiljde sig också mycket åt mellan åren och skiftena (figur 3b). T.ex. från skifte B3, ett av de ekologiska, blev den totala bortförslen beräknad på 4 år endast 51 kg N ha⁻¹ med en skördad höstvetegröda medan tillförslen var totalt 164 kg N ha⁻¹ med två grön gödslingsvallar. Höstrapsen som skulle ha skördats ett av åren var så dålig att den putsades ner under sommaren. Vikten av bra grödor och sårbarheten i växtodlingen blir väldigt tydlig utifrån dessa resultat.



Figur 4. a) Avkastning (kg ha⁻¹, 15 % vattenhalt) skördade grödor på Logården 2004-2007 samt **b)** täckningsbidrag 2 1996-2007 för odlingssystemen.

Under projektperioden har fyra av växtföljdernas 6-7 år följts. Avkastningen av skördade grödor varierade mycket mellan skiften beroende av vilka grödor som representerats de olika åren (figur 4a). En tvåårig grön gödslingsvall ger så klart en liten total avkastning jämfört med om fyra grödor skördats. Åren med skörd måste kunna bära vallåren ekonomiskt. De förhållandevis höga spannmålspriserna 2007 gjorde att det konventionella systemet det året hade högre täckningsbidrag 2 än de övriga då det systemet bara har avsalugrödor (figur 4b). Tidigare år med lägre spannmålspriser låg de andra systemen bättre till ekonomiskt. Skifte B3, ett av de ekologiska, skördades endast 2006 (höstvet). Ett av åren misslyckades höstrapsen och de övriga odlades vall. Skördad mängd kväve blir förhållandevis större när åkerböna odlas då kvävehalten är ca. 5,5 % jämfört med spannmålens knappa 2 % (figur 3b).



Figur 5. Mineralkväve (kg ha⁻¹ ammonium- och nitrat) i 0-90 cm vid tre provtagningstillfällen per år på Logården.

Tabell 2. Datum för jordbearbetning 2003-2007 (DS=direktsådd). 2003 låg Logården i träda pga täckdikning

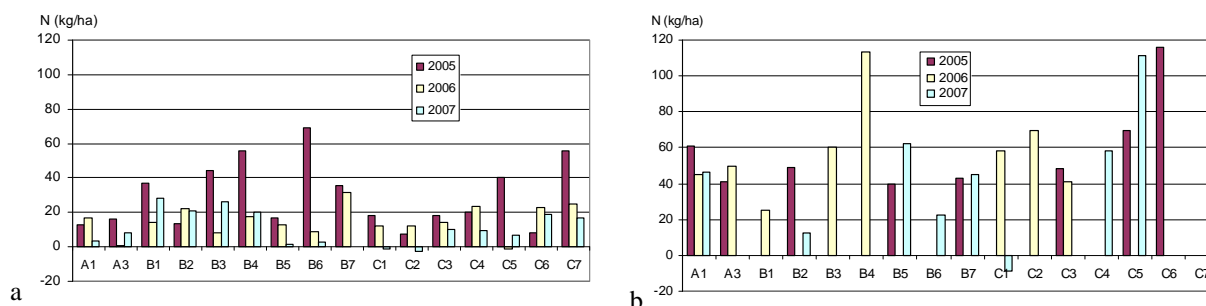
Skifte	2003	2003	2004	2004	2005	2005	2006	2006	2007	2007
	Kultiv.	Plöjn.	Kultiv.	Plöjn.	Kultiv.	Plöjn.	Kultiv.	Plöjn.	Kultiv.	Plöjn.
A1		29.11		2.9		25.10		5.9		4.11
A3		1.9		2.11		8.9		16.8		25.9
B1		2.9	6.9	15.11		27.11		Gröng.		Gröng.
B2		3.11		15.11		Gröng.	9.8	16.8		11.9
B3		Gröng.		18.7		4.9		Gröng.		12.9
B4	1.9	12.9		Gröng.		31.8	16.10	19 dec		4.11
B5		1.9		28.10		Gröng.	9.8	17.8	3.11	4.11
B6		14.10		Gröng.		15.8		5.9		Gröng.
B7		Gröng.		29.8		27.11	19.9, 16.10	22, 28.12		Gröng.
C1		Gröng.	31.7	-	10.9	-	DS 2007	-	10-11.10	-
C2		7 dec	29.10	-	DS 2006	-	Gröng.	-	Gröng.	-
C3	Sådd 7.8	-	12.8, 5.9	-	DS 2006	-	21.9, 19.10	-	DS 2008	-
C4	Gröng.	-	Gröng.	-	8.7, 29.8	-		5.9		4.11
C5		2.9		15.11	Vår -07	-	7.5, DS -07	-	Gröng.	-
C6		28.11		15.11	Gröng.	-	Gröng.	-	26.6-17.8 ¹	26.6-17.8 ¹
C7	Vår -04 ²		18.3 ²	Gröng.	Gröng.	-	9.8, 12.11	-	12.9	-

¹ Jordbearbetningsdemo Jordbrukardagen, bearbetning (plöjning och kultivering) vid flera tidpunkter.

² Carrier.

Utlakning av kväve

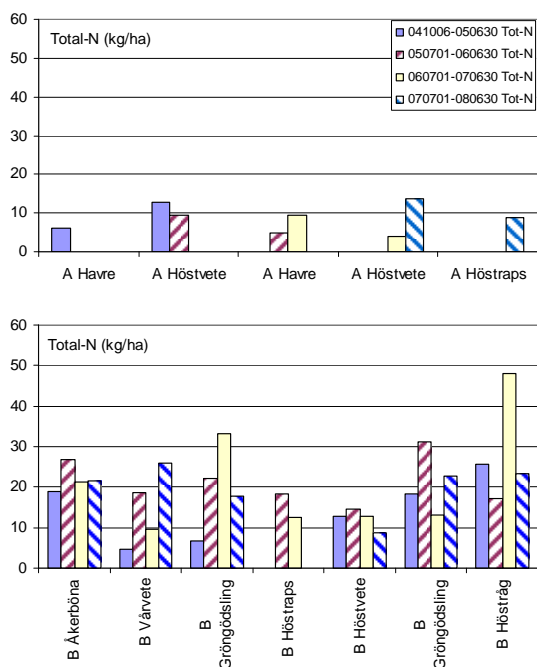
Gröngödslingsvallarna ger ofta stora mängder mineralkväve i marken efter brytningen (figur 5 och tabell 1). I skifte B4 bröts vallen 31 augusti 2005 (tabell 2) och höstråg såddes. Sen höst 2005 fanns det 70 kg N ha⁻¹ i profilen och på våren hade det ökat till nära 100 kg N. Kväveutlakningen från skiftet den vintern var inte så stor men däremot vintern efter höstrågen blev utlakningen stor (figur 7). Mineraliseringen av kväve från marken i rågen var 110 kg N ha⁻¹ under sommaren och sedan 75 kg under efterföljande höst (figur 6 a och b) vilket förklarar den förhållandevis stora utlakningen under vintern efter höstrågen. Höstråg var också den gröda som i medel gav högst utlakning under perioden (figur 8). Vid förändringar av växtföljden på Logården bör detta tas med som underlag. Efter rågen bör man ha en gröda som tar upp kväve tidigt på hösten. Nu är växtföljden utformad för att ge utrymme för jordbearbetning på hösten mot rotostråg. Som det är nu innebär detta att kväveutlakningen kan bli mycket stor i förhållande till övriga grödsekvenser i växtföljden.



Figur 6. Nettokväve mineralisering i marken 2005-2007 på Logården **a)** under hösten beräknat som skillnad i markmineralkväveinnehåll vid skörd (augusti) och sen höst (november) samt utlakat kväve under samma period adderat, och **b)** under växtsäsongen beräknat från mineralkväve tidig vår och vid skörd samt kväve i ögödslad spannmålsgröda (kärna, halm samt antagande om 25 % av N i rötterna).

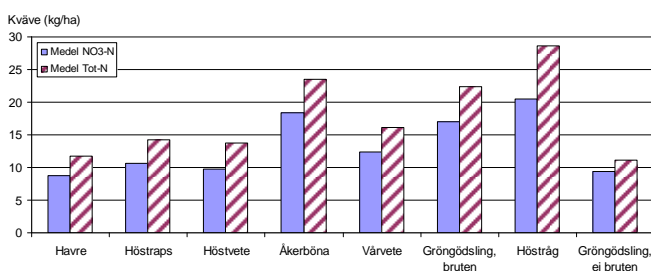
Åkerböna och gröngödslingsvallar tenderade att ge ökad risk för utlakning även det andra efterverkansåret, detta kunde ses i flera fall under perioden. Motsatsen noterades också där skifte B3 plöjdes 18 juli 2004 (tabell 2) och såddes med höstraps som blev mycket dålig och putsades ner sommaren 2005. Mängden mineralkväve sen höst 2005 var relativt stor men detta lakades inte ut och vintern efter höstvetet var kväveutlakningen också liten. Åtgärderna i växtföljden i det integrerade systemet gav inte lägre utlakning efter de kväverika grödorna än

i den ekologiska växtföljden. Direktsådd av vårvete efter åkerböna med insådd fånggröda minskade t.ex. inte kvävetlakningen märkbart. Odlingsystem med gröngrödslingvallar och med åkerböna innebär ökad risk för kvävetlakning och behöver planeras noga med avseende på bl.a. grödsekvenser och jordbearbetning för att minimera riskerna.



Figur 7. Utlakat ackumulerat total-N från det konventionella (A), ekologiska (B) och integrerade (C) systemet beräknat för agrohydrologiskt år som följer efter respektive gröda på Logården hösten 2004-våren 2008.

Nettomineraliseringen sommar 2006 i höstvete bestämdes till 60 kg N ha^{-1} (figur 6). I medel för alla systemen var nitratkvävetlakningen under perioden $12,8 \text{ kg N ha}^{-1}$ och utlakningen av total-N var $16,8 \text{ kg N ha}^{-1}$ (tabell 3). Jämför man utlakningen av nitratkväve med utlakningen av totalkväve (tabell 3 och figur 8) så ser man att för vissa grödor är nitratandelen mindre än för andra. Tittar man på enskilda år så finns det också ibland stora skillnader. Skillnaden är med stor sannolikhet organiskt kväve (se t.ex. Vinther et al., 2006). Ammoniumkväve visade t.ex. på mycket låga halter under hela perioden. Dynamiken i skillnaden mellan utlakat totalkväve och nitratkväve, behöver studeras mer utförligt.



Figur 8. Utlakat kväve (NO₃-N och total-N) som årligt medel av alla systemen beräknat för olika grödor med efterföljande agrohydrologiska år som medel av hösten 2004-våren 2008 på Logården.

Den tidigare dokumentationen av mineralkväve sen höst och av skördar i odlingsystemen på Logården indikerade att vissa år var kvävförlusterna under framförallt vintern stora (Delin, 2003). Resultaten här visade att utlakningen av kväve under sen höst och vinter ibland varit väsentlig vilket troligen resulterat i liten kvävetillgång för grödan efterföljande år. Resultaten visade också att trots stor utlakning under vintern kan kvävetillgången vara stor efterföljande växtsäsong och dessutom resultera i ytterligare förluster den andra vintern efter en kväverik gröda. Kvantifieringar av lustgasemissioner från några av skiftena på Logården 2005-2007 indikerade att de gasformiga förlusterna kan vara signifikanta vissa år (Norman et al., 2007).

Tabell 3. Utlakat NO₃- och totalkväve som årsvisa medel från Logården hösten 2004-våren 2008

	Konventionellt	Ekologiskt	Integrerat	Medel
041006-050630 NO ₃ -N	7,9	10,8	9,6	9,4
050701-060630 NO ₃ -N	5,7	16,4	15,1	14,1
060701-070631 NO ₃ -N	4,3	14,4	20,0	15,3
070701-080630 NO ₃ -N	7,8	11,2	14,4	12,5
041006-050630 Tot-N	9,4	14,3	13,1	12,5
050701-060630 Tot-N	7,2	21,3	17,8	17,5
060701-070631 Tot-N	6,6	21,6	23,9	20,3
070701-080630 Tot-N	11,2	18,1	19,4	18,1
Medel 4 år NO ₃ -N	6,4	13,2	14,8	12,8
Medel 4 år Tot-N	7,7	19,0	18,3	16,8

Dynamiken i kvävet omsättning i odlingssystemen kommer att utvärderas i simuleringsmodellen Coup (Coup manual, www.lwr.kth.se/Vara%20Datorprogram/CoupModel) tillsammans med data från andra projekt på Logården. Med hjälp av modellen kommer vi att över tiden kunna studera dynamiken och totala budgetar inklusive gasavgång, inlagring av kväve i och leverans från marken under året för att ytterligare identifiera kritiska perioder i växtodlingen vilka kan påverkas med odlingsåtgärder. Vi kan där simulera olika grödsekvenser baserade på data från projekten för den framtida utvecklingen av odlingssystem. Data från Logården är också mycket viktiga för utveckling av analysverktyg som simuleringsmodeller då modellerna kan valideras med dessa data. Vi kommer dessutom att med hjälp av geostatistisk analys av variationen inom Logården kunna studera hur kvävet varierar inom skiften och inom gården. Vi hoppas på att kunna fortsätta att följa utvecklingen av odlingssystemen på Logården i första hand inom en full växtföljd men också på längre sikt.

Slutsatser

Den här studien följer tre initiala år efter en nytäckdikning av sex respektive sju i tre växtföljder på Logården. Bra grödor är en viktig förutsättning för att utnyttja tillfört kväve väl och för att undvika restkvävemängder som ger ökad kväveutlakning. Det är en tydlig slutsats i projektet på Logården. Bra grödor från etablering till skörd är dock inte alltid en given förutsättning på en struktursvag lerjord. De flesta år går det bra men blöta och torra perioder ger betydligt mindre utrymme för jordbearbetning och andra åtgärder än på lerjordar med stabil struktur och på lätta jordar. Etableringen av grödan är ett tydligt riskmoment. För höstrapsens är detta särskilt tydligt. Rapsen kan dessutom angripas av sniglar under etableringsfasen och är känsligare under vintern. Risken för vattenmättade marker är också större på jordar med tät struktur. På Logården ingår vallar, i en av växtföljderna för att förbättra strukturen. Enligt resultaten här tenderar snarare risken för kväveutlakning att öka med vallar i växtföljden. Direktsådd för att minska risken för utlakning har hittills inte visat på någon effekt. Vi kan under dessa år inte se någon trend över skördarnas utveckling. För det är perioden för kort. Även åkerböna tillför kväve i växtföljden och ger ökad risk för kväveutlakning. Utlakningen var stor hösten och vintern efter höstråg som följde efter ettårig grüngödslingsvall. Rågens kväveupptag slutar relativt tidigt på säsongen. Enligt resultaten här kräver grüngödslingsvallar en växtföljd med efterföljande grödor med stort och långvarigt kväveupptag de två första efterverkansåren. Här var det inlagt tid för jordbearbetning mot rotagräs andra hösten efter grüngödslingsvallen och efter skörd av höstråg vilket i ett kväveperspektiv innebär stor risk för kväveutlakning och förluster av värdefullt kväve från systemet. När utlakningen av kväve från hela växtföljderna kunnat följas och resultaten utvärderats med hjälp av simuleringsmodellen Coup och gesostatistik kommer troligen effekter av fler åtgärder synas tydligare.

Resultatförmedling till näringen

Ett stort antal fältvandringar och seminarier vid Logården för lantbrukare, rådgivare, tjänstemän, forskare mfl. grupper, t.ex. Vänerns vattenvårdsförbund och Spannmålsodlarna. Träffarna har varit både på andras och egna initiativ. Medverkan vid Jordbrukardagarna på Logården som arrangeras av HS Skaraborg mfl. Projektet beskrivs på <http://hs-r.hush.se/?p=10660&m=3026>.

Publicering av resultat från projektet

- Enwall, K., Throback, I.N., Stenberg, M., Söderström, M., Hallin, S. 2008. Soil-based resources influence field-scale spatial patterns of N-cycling bacterial communities: A case study of denitrifiers. Manuscript. (In: K. Enwall. 2008. Community ecology of denitrifying bacteria in arable land. SLU. Doctoral thesis No. 2008:58.)
- Kasimir Klemedtsson, Å., Klemedtsson, L., Stenberg, M., Weslien, P. 2005. Nitrous oxide emissions and nitrogen use efficiency. In: A. Gärdenäs, E. Karlton (eds.) Focus on soils Symposium: Managing soils for the future, 13-14 September 2005, Uppsala, Sweden. Book of abstracts. p. 136.
- Norman, J., Stenberg, M., Kasimir Klemedtsson, Å., Weslien, P., Klemedtsson, L. 2007. Nitrogen leaching and nitrous oxide emissions from integrated and organic farming. COST 856 14th meeting in Uppsala, Sweden 5-8 December 2007.
- Olesen, J.E., Rees, R.M., Klemedtsson, L., Topp, C.F.E., Chirinda, N., Watson, C.A., Ball, B.C., Petersen, S.O., Stenberg, M., Norman, J., Kasimir Klemedtsson, Å. 2008. Nitrogen cycling and emissions in cropping systems under organic farming. NitroEurope IP 3rd Annual Meeting and Open Science Conference - 18th-21st February 2008, Ghent, Belgium.
- Stenberg, M. 2007. Utveckling av integrerad, ekologisk och konventionell växtodling. I: Lundström, C. (red.) Precisionsodling 2006 - verksamhet vid Avdelningen för precisionsodling. SLU, Skara. Avd. för precisionsodling. Rapport 12. s. 35-37.
- Stenberg, M., Delin, K., Helander, C.-A., Söderström, M. 2008. Utveckling av integrerad, ekologisk och konventionell växtodling. SLU, Skara. Institutionen för mark och miljö, Precisionsodling och pedometri. Precisionsodling 2008:x. (Manuskript).
- Stenberg, M., Kasimir Klemedtsson, Å., Klemedtsson, L., Delin, K., Weslien, P. 2005. Kvävehushållning i ekologisk växtodling – kväveutlakning och lustgasemissioner. In: Ekologiskt lantbruk Konferens "Att navigera i en ny tid. 22-23 november 2005, Ultuna, Uppsala. CUL, SLU. p. 317.
- Stenberg, M., Kasimir Klemedtsson, Å., Klemedtsson, L., Weslien, P. 2005. Nitrous oxide emissions and nitrogen use efficiency. In: 14th N-workshop "N management in agroecosystems in relation to the water framework directive. 24-26 October 2005, Maastricht, The Netherlands. Programme & book of abstracts. p. 63.
- Stenberg, M., Klemedtsson, L., Delin, K., Kasimir Klemedtsson, Å., Weslien, P. 2006. Nitrogen use efficiency in integrated and organic farming In: "Sustainability – its Impact on Soil Management and Environment. 28 August – 3 September, Kiel. Germany. pp. 496-501. On CD-Rom ISBN no: 3-9811134-0-3.
- Wilson, C.J. 2008. Modelling the global warming potential (GWP) of integrated and organically managed crop rotation systems at the Logården project, Sweden, using the denitrification-decomposition (DNDC) computer model. A dissertation for the degree of Master of Science. MSc Environmental Protection and Management Institute of Atmospheric and Environmental Science, School of GeoSciences, The University of Edinburgh.
- Följande vetenskapliga publikationer där resultat från projektet ingår har påbörjats:*
- Zone delineation on a clay soil managed by integrated, organic and conventional farming (Maria Stenberg, Mats Söderström, Björn Roland, Karl Delin, Carl-Anders Helander)
- Nitrogen leaching in relation to N₂O emission from two different crop sequences on a clay soil (Josefine Norman, Maria Stenberg, Åsa Kasimir Klemedtsson, Per Weslien, Per-Erik Jansson, Leif Klemedtsson)
- Nitrogen losses from agricultural cropping systems. A. Measured and modelled nitrogen leaching (Maria Stenberg, Josefine Norman, Åsa Kasimir Klemedtsson, Per Weslien, Per-Erik Jansson, Leif Klemedtsson)
- Nitrogen losses from agricultural cropping systems. B. Measured and modelled N₂O fluxes (Josefine Norman, Maria Stenberg, Åsa Kasimir Klemedtsson, Per Weslien, Per-Erik Jansson, Leif Klemedtsson)
- Potential denitrification and nitrification in relation to soil properties (Sara Hallin, Maria Stenberg, Karin Enwall, Frida Thomsen, Leif Klemedtsson)
- Nitrogen and phosphorus losses from different crop rotations (Maria Stenberg, Barbro Ulén, Mats Söderström)

Forskare har inbjudits för specialstudier. Under projektperioden har samarbeten om kvävefrågor i växtodlingssystem inletts med bland andra: Leif Klemedtsson Josefine Norman, Åsa Kasimir Klemedtsson, Per

Weslien, GU; Per-Erik Jansson, KTH; Yvonne Conrads, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Tyskland; Bob Reese, Kairsty Topp, Christine Watson, SAC, Aberdeen och Edinburgh, Skottland.

Övriga projekt som har utförts 2004-2008 på Logården:

Kartering av pesticider i dräneringsvatten från integrerad och konventionell växtodling (SLF 2005-2007, Maria Stenberg, HS Skaraborg)

Nitrous oxide emissions from organic farming governed by nitrogen use efficiency (Formas 2004-2007, Leif Klemedtsson, Göteborgs Universitet)

The potential in reducing P losses and improve soil structure and aggregate stability in clay soils (Formas 2005-2007, Barbro Ulén, SLU)

N losses and nitrous oxide emissions from arable land can depend on denitrifying bacterial community composition and functioning (Formas 2006-2008, Sara Hallin, SLU)

Utveckling av ett integrerat miljö- och produktionsindex för fosfor (EPI) (SLF 2006-2008, Mats Söderström, SLU)

"Nitrogen Europe" (NEU) (EU 2006-2008 på Logården, Leif Klemedtsson, GU mfl. www.nitroeuropa.eu)

Litteratur

- Ambus, P., Jensen, E.S. 1997. Nitrogen mineralization and denitrification as influenced by crop residue particle size. *Plant and Soil* 197, 261-270.
- Aronsson, H. 2000. Nitrogen turnover and leaching in cropping systems with ryegrass catch crops. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*. SLU, Uppsala. Agraria 214.
- Delin, K. 2003. Logårdsprojektet 1992-2002. HS-rapport nr. 1/2003. Hushållningssällskapet Skaraborg.
- Helander, C.A. 2002. Farming System Research. An approach to developing sustainable farming systems and the role of white clover as a component in nitrogen management. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*. SLU, Uppsala. Agraria 334.
- Helander, C.A., Delin, K. 2004. Evaluation of farming systems according to valuation indices developed within a European network on integrated and ecological arable farming systems. *European J. of Agronomy* 21, 53-67.
- Henriksen, T.M., Breland, T.A. 1999. Decomposition of crop residues in the field: evaluation of a simulation model developed from microcosm studies. *Soil Biol Biochem.* 31, 1423-1434.
- Høgh-Jensen H., Kristensen E.S. 1995. Estimation of biological N₂ fixation in a clover-grass system by the ¹⁵N dilution method and the total-N difference method. *Biological Agriculture and Horticulture* 11, 203-219.
- Høgh-Jensen, H., Loges, R., Jensen, E.S., Jørgensen, F.V., Vinther, F.P. 1998. Empirisk model til kvantificering af symbiotisk kvælstoffiksering i bælplanter. In: E.S. Kristensen, J.E. Olesen (Eds.). *Kvælstofudvaskning og -balancer i konventionelle og økologiske produktionssystemer*. Forskningscenter for Økologisk Jordbrug, Tjele, Danmark. FØJO-rapport nr. 2.
- Høgh-Jensen, H., Loges, R., Jørgensen, F.V., Vinther, F.P., Jensen, E.S. 2004. An empirical model for quantification of symbiotic nitrogen fixation in grass-clover mixtures. *Agricultural Systems* 82, 181-194.
- Kasimir Klemedtsson, Å. 2001. Metodik för skattning av jordbrukets emissioner av lustgas. SNV. Report 5170.
- Lloyd, J., Taylor, J.A. 1994. On the temperature dependence of soil respiration. *Functional Ecology* 8, 315-323.
- Mueller, T., Jensen, L.S., Nielsen, N.E., Magid, J. 1997. Turnover of carbon and nitrogen in a sandy loam soil following incorporation of chopped maize plants, barley straw and blue grass in the field. *Soil Biol. Biochem.* 30, 561-571.
- Myrbeck, Å., Arvidsson, J., Stenberg, M. 2003. Time of primary tillage on clay soils - Effects on grain yield, soil structure and nitrogen mineralization. International Soil Tillage Research Organization (ISTRO). The 16th International Conference, 13-18 July, The University of Queensland, Brisbane, Australia. On CD-rom.
- Roland, B. 2003. Odlingssystemets inverkan på markstrukturen och växtnäringstillståndet - en jämförande studie på Logården. SLU, Inst. för jordbruksvetenskap Skara. Examens- och seminariearbeten, nr. 11.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T., Gustafson, A., 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil Tillage Res.* 50, 115-125.
- Stenberg, M., Delin, K., Roland, B., Söderström, M., Stenberg, B., Wetterlind, J., Helander, C.A. 2005. Utveckling av hållbara och produktiva odlingssystem – karakterisering av lerjord. SLU, Skara. Avd. för precisionsodling. Rapport 2.
- Stenberg, M., Myrbeck, Å., Lindén, B., Rydberg, T. 2003. Soil tillage on a clay soil – soil mineral nitrogen, crop nitrogen and yield of spring cereals. In: Abstracts for the 12th N Workshop, "Controlling N flows and losses", September 2003, Exeter, Devon, UK.
- Söderström, M., Gruvaeus, I., Wijkmark, L. 2008. Gammastrålningsmätning för detaljerad kartering av jordarter inom fält. SLU, Skara. Precisionsodling Sverige. Teknisk Rapport nr. 11.
- Vereijken, P. 1997. A methodical way of prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) in teraction with pilot farms. *European J. of Agronomy* 7, 235-250.
- Wetterlind, J., Lindén, B., Stenberg, B., Stenberg, M. 2003. Risk assessment for nitrogen leaching from clay soils as a respons to autumn tillage. In: Abstracts for the 12th N Workshop, "Controlling N flows and losses", September 2003, Exeter, Devon, UK.
- Vinther, F.P., Hansen, E.M., Eriksen, J. 2006. Leaching of soil organic carbon and nitrogen in sandy soils after cultivating grass-clover swards. *Biol Fertil Soils*, 43, 12-19
- Wivstad, M. 1997. Green-manure crops as a source of nitrogen in cropping systems. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*. SLU, Uppsala. Agraria 34.