

Integrerat växtskydd - vad kan vi lära av 20 års integrerad växtodling?

Projektnummer V1160064

Maria Stenberg, Ulf Axelson och Henrik Stådig

Bakgrund

Produktion av livsmedel, foder och andra råvaror till olika användningsområden på åkermark har utvecklats och förändrats mycket med tiden. Nya krav ställs kontinuerligt på produktionen både från omvärlden och av producenten. God ekonomi i produktionen skall samtidigt åstadkommas med liten påverkan på omgivningen och på ett sätt så att markens produktivitet bibehålls. Utvecklingen av insatsmedel drivs av krav på effektivitet men också av omvärldens syn på hur produktionen skall bedrivas. Nya utmaningar uppkommer ständigt som nya sjukdomar och förändrad tillgång på insatsmedel.

Omkring år 1990 var det stora förändringar i jordbrukspolitiken och miljökraven ökade. Stor överproduktion pressade priserna på produkterna. Det var svårt att få ekonomi i odlingen. Samtidigt utvecklades tankar på nya odlingssystem. Ekologisk odling vann mark. Vid denna tid startades ett Europeiskt samarbetsprojekt där man tog fram kriterier för utveckling av odlingssystem. Integrerad odling var ett av odlingssystemen som arbetades fram.

Integrerad odling – vad är det?

Integrerad odling definieras som ett resurshushållande konventionellt odlingssystem där alla insatser är strikt behovsanpassade och minsta möjliga insats eftersträvas (Vereijken, 1997). En väl planerad växtföljd i kombination med reducerad jordbearbetning, sänkta kvävegivor och reducerad kemisk bekämpning skall gynna miljön, samtidigt som en långsiktigt hög produktion säkras. Integrerad odling var därför under början av 1990-talet tänkt som ett odlingssystem för framtiden. Man uttryckte det som att den integrerade odlingen var en miljövänligare produktion än den produktion som då i allmänhet bedrevs, och som inte var beroende av extra stöd eller högre priser än den konventionella odlingen. Detta skulle uppnås genom att verkningsgraden på insatserna förbättrades. En bättre växtföljd skulle göra det möjligt att reducera såväl jordbearbetning som användning av mineralgödsel och kemiska bekämpningsmedel. Minskade kostnader var tänkta att mer än väl kompensera eventuella skördeminskningar. Man kan säga att dagens odling där ”bästa möjliga handhavande” (Best Management Practice) eftersträvas, är baserad på principerna för integrerad odling som då utvecklades. Idag finns ett EU-direktiv om integrerat växtskydd och som tillämpas inom hela EU från 2014.

Inom forskarnätverket i samarbetsprojektet “Concerted action AIR 3-CT920755 – Research Network for EU and Associated Countries on Integrated and Ecological Arable Farming Systems” sattes tydliga mål och prioriteringar upp för de odlingssystem som man arbetade med inom gruppen (Vereijken, 1994; Vereijken, 1997; Helander, 2002). Till nätverket knöts ett antal försöks- och pilotgårdar samman, däribland Logården som anslöts som pilotgård. En del av gårdarna drevs liksom Logården både ekologisk och integrerat medan andra drevs antingen ekologiskt eller integrerat.

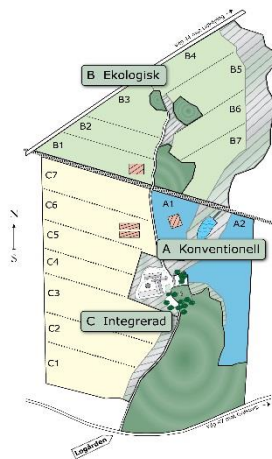
Integrerad odling på Logården

På Logården valde man att anlägga tre olika odlingssystem. Utöver det integrerade systemet anlades också ett ekologiskt system och ett konventionellt (figur 1). Det konventionella har sedan starten drivits med växtföljder och andra åtgärder i enlighet med odlingen på andra gårdar i området. Växtföljden har varit spannmålsdominerad med oljeväxter vart sjätte år ungefär.

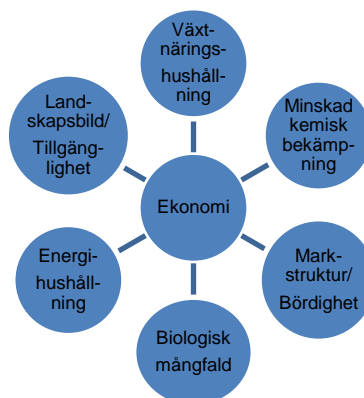
När man utformade systemen identifierade man och viktade olika prioriterade områden (figur 2). Ekonomisk uthållighet har hela tiden varit central för planering och utveckling av systemen. Markstruktur och bördighet var områden som prioriterades högt utöver bl.a. energihushållning och

växtnäringshushållning. För flertalet mål och åtgärder sattes ett kvantitativt värde som därmed kunde följas upp. För att uppnå målen med systemen valde man i det integrerade systemet att inkludera ett antal åtgärder (Helander, 2002; Helander & Delin 2004):

- Reducerad jordbearbetning för att stabilisera markstrukturen och för en ökad mullhalt i ytskiktet vilket ger en bättre aggregatstabilitet som minskar risken för slammning och skorpbildning vid regn. Reducerad bearbetning har också ett lägre energibehov än plöjning. Jorden på Logården identifierades som struktursvag och i behov av odlingsåtgärder som förbättrar denna.
- Strikt behovsanpassad kemisk bekämpning med låga doser och upprepade bekämpningar vid behov.
- Lähäckar och gräsremсор anlades mellan skiftena för att gynna naturliga fiender och den biologiska mångfalden. Dessutom ökar dessa tillgängligheten samt ger en variation i landskapsbilden.
- En tvåårig vall ingick i växtföljden för att bygga upp och stabilisera markstrukturen. I vallen ingick lusern utöver vit- och rödklöver. Lusern har mer djupgående rötter än gräsen och klöverarterna, och dess rötter kan därmed ha en effekt på markstrukturen på större markdjup genom upptorkningseffekt och rotgångar.
- Vallen skördades och rötades för produktion av biogas de första åren för att öka energihushållningen i odlingssystemen. När intresset för biogas svalnade i motten av 1990-talet så övergick man till att inte skörda vallarna utan bara putsa dem några gånger per säsong.
- På gården användes en traktor som drevs med RME pressad från rapsen som producerades på gården.
- Växtföljden varierades efter senaste tillgängliga kunskap för att minimera sjukdomstryck och ge bra förfruktseffekter.
- För att minska tillförsel av mineralgödsel i växtföljden inkluderades kvävefixerande ärt och åkerböna utöver vallarna i växtföljden



Figur 1. Skiss över Logårdens försöksgård efter täckdikningen 2003 (Illustration: Kerstin Borg).



Figur 2. Parametrar för uppföljning av odlingssystemen.

Syfte med rapporten

Syftet med den här rapporten är att samla och dra slutsatser från forskningsresultat och erfarenheter från 20 års integrerad växtodling på Logården utanför Grästorps i Västra Götaland. Här redovisas resultat från 2005-2011 och sammanvägs med åren 1992-2004 som finns redovisade i Delin et al. (2005), Helander (2002), Delin (2003) och Delin et al. (2005). Vi hade även för avsikt att jämföra erfarenheterna från Logården med andra försöks- och pilotgårdar inom COST-nätverket men vi fick endast två svar från alla försök att hitta gamla och nya kontaktpersoner. Projekten på dessa gårdar hade avslutats i och med att COST-nätverket upphörde och endast enstaka nationella rapporter fanns att tillgå. Därmed kunde vi inte fullfölja denna jämförelse.

Material och metoder

Växtföljder

Den integrerade växtodlingen på Logården har följts upp kontinuerligt sedan starten 1991. Varje år har odlingsåtgärder och skördenivåer dokumenterats och dessutom har grödornas utveckling i fält följts genom graderingar av utvecklingsstadium och förekomst av skadegörare. Likaså har ogräsförekomsten inventerats årligen. Dessa graderingar har gjorts i varierande utsträckning beroende av finansiering i olika projekt.

Växtföljder och åtgärder i odlingen har modifierats under årens lopp beroende av uppnådda skördar, växtskyddsbehov, växtnäringseffektivitet, förluster av kväve och fosfor och effekter på marken. De första åren var växtföljden åttaårig men från 2004 har den varit sjuårig (tabell 1) så att alla grödor funnits representerade varje år på de sju separata fält där den integrerade odlingen genomförts sedan starten.

Tabell 1. Växtföljder i de det integrerade odlingssystemet 1991-2011

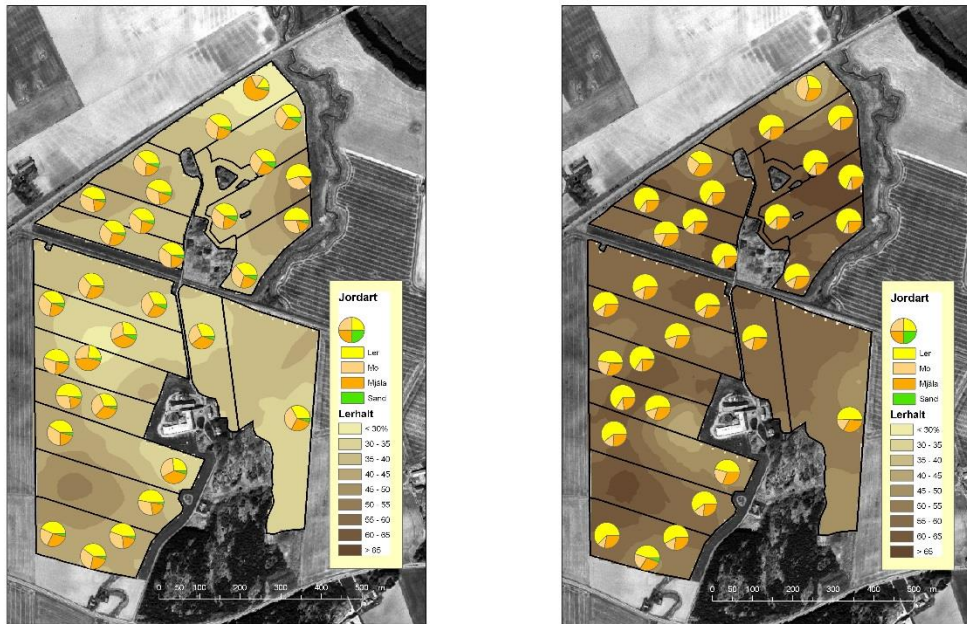
År	Integrerat ¹ 1992 – 2000	Integrerat ¹ 1992 -2002	Integrerat 2004-2010	Integrerat 2011-
1	Ärter	Åkerböna	Åkerböna + fånggröda	Åkerböna ²
2	Höstvete/vårvete + insådd	Höstvete/vårvete + insådd	Vårvete + insådd	Höstvete + mellangröda
3	Havre (frässådd)	Träda/gröngödsling	Vall I	Havre + insådd
4	Höstvete	Träda/gröngödsling	Vall II	Gröngödsling I
5	Vårrops	Höstraps	Höstraps	Gröngödsling II
6	Höstvete + insådd vitklöver	Höstvete + insådd vitklöver	Höstvete + fånggröda	Höstraps
7	Havre (frässådd)	Havre (frässådd)	Havre (ev. med fånggröda)	Höstvete + fånggröda
8	Rågvete	Rågvete	-	-

¹ Till år 2000 tillämpades två olika växtföljder parallellt, vilket innebar att skiftena delades vissa år i växtföljden.

² Ersätts tillsvidare med annan gröda pga. marksmitta av *Aphanomyces*.

Marken

Jordarten på Logården varierar inom gården och är huvudsakligen mellanlera (figur 3) (Stenberg et al., 2005) och lermineralerna domineras av illit (Ulén & Snäll, 2007). Den är, liksom många av lerjordarna i Mellansverige, struktursvag med liten genomsläpplighet för vatten. Markegenskaperna karakteriserades 2002-2003 (Roland, 2003; Stenberg et al., 2005).



a

b

Figur 3. a) Jordarter på Logården (lera, mjåla, mo och sand, %) i matjord och b) i alv med interpolerad lerhalt (%) i bakgrunden (från Stenberg et al., 2005).

Täckdikning

Täckdikessystemet på hela Logården förnyades sommaren 2003. Detta år låg hela gården i träda. Ett helt nytt system konstruerades så att man i fältskala mäter avrinning kontinuerligt och kan provta vattnet automatiskt för att kunna beräkna utlakning från alla de 18 separat dränerade skiftena. I det integrerade systemet anlades 9 provtagningspunkter, två av fälten delades i två dikessystem. De gamla dikessystemen grävdes av och inkommande dikesföretag leddes direkt till en kulverterad bäck.

Mätningar

Från 2004-2008 finns flera genomförda forskningsprojekt där odlingssystemen följts till och med 2008 publicerade av Stenberg et al. (2009a; 2009b; 2012), Enwall et al. (2010), Nylinder et al. (2010), Wessén et al. (2011) och Söderström (2012). En väderstation finns på Logården i anslutning till de integrerade fälten. Sedan hösten 2004 har utlakning av kväve (N), fosfor (P) via dräneringsvatten mätts (Stenberg et al., 2009a; Stenberg et al., 2012; Söderström, 2012; Ulén et al., 2016). Under 2004 - 2007 mättes utlakning av pesticider (Stenberg et al., 2009b) och emissioner av lustgas (N_2O) (Nylinder et al., 2010; Kasimir Klemedtsson & Smith, 2010). Inomfältsvariationen i förekomst av denitrifierare (Enwall et al., 2010) och ammoniumoxiderare (Wessén et al., 2011) har också kvantifierats.

Maskinsystem och jordbearbetning

Jordbearbetningen har varit en central del i utformningen av det integrerade system och de förändringar som gjorts under årens lopp. Minskad energiåtgång, minskade kostnader och förhoppningar om gynnsamma effekter på markstrukturen har varit några av parametrarna som legat till grund för förändringarna.

Det integrerade systemet har fram till 2002 drivits helt plöjningsfritt. Jordbearbetningen har främst gjorts med kultivator och bearbetningsdjupet har hållits på 10-15 cm. Såbäddsberedning och sådd har oftast gjorts med harv och konventionell såmaskin. Rapsåmaskin har utnyttjats i något större omfattning jämfört med de övriga systemen. Direktsådd med en Horsch frässämaskin användes de första åren för att etablera havre efter höstvetete med insådd bottengröda. Efter 2004 har tillämpats en behovsanpassad jordbearbetning förutom på C1 och C7 som inte är plöjda sedan starten 1991. Sådd har utförts med Rapid eller Cameleon såmaskin.

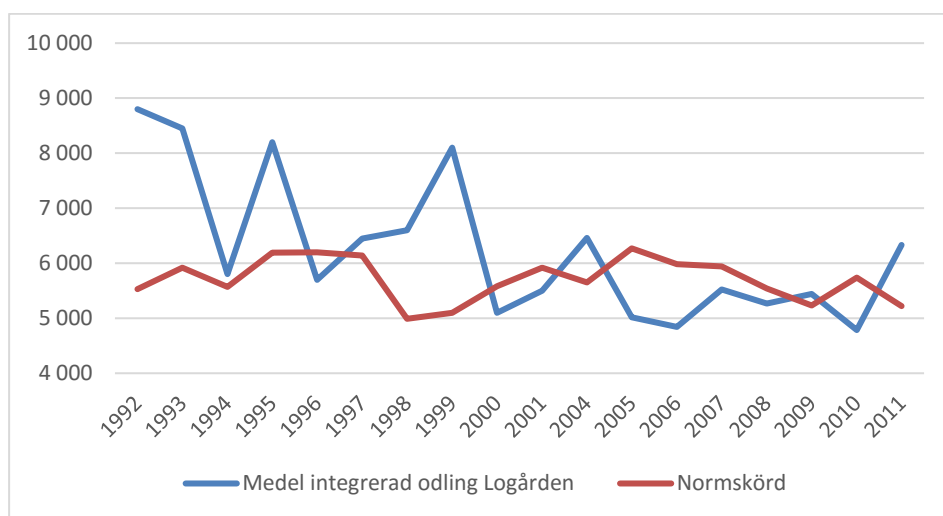
Resultat

Skördar

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 (tabell 2-3; figur 4).

Tabell 2. Jämförelse mellan snittskördar för höstvetete och havre i integrerat och konventionella fält under åren 2004-2011

År	kg/ha					
	Havre	Höstraps	Höstvetete	Vårhaps	Vårvetete	Åkerböna
2004	5000	3000	7600		6000	4000
2005	6100	1600	5900		6800	2500
2006	4100	2300	5700		3700	2500
2007	5000		6500	1800	4000	2200
2008	3386	1467	6124		2416	1575
2009	3230		5440	1196	4675	2610
2010	5000	3000	5500		5200	2800
2011	5800	2600	7450		5000	3420
Medel	4702	2328	6277	1498	4724	2701



Figur 4. Skördar av höstvetete i de integrerade fälten på Logården (kg/ha vid 15% vattenhalt) jämför med normskördar för Västra Götaland (1998-2001, riket 1992-1997. Normskördar från SCBs databas).

Tabell 3. Jämförelse mellan snittskördar för höstvetete och havre i integrerat och konventionella fält under åren 1992-2011

	Höstvetete kg/ha		Havre kg/ha	
	Integrerat	Konventionellt	Integrerat	Konventionellt
Medel	6207	6623	4830	4726

Ekonomi/täckningsbidrag

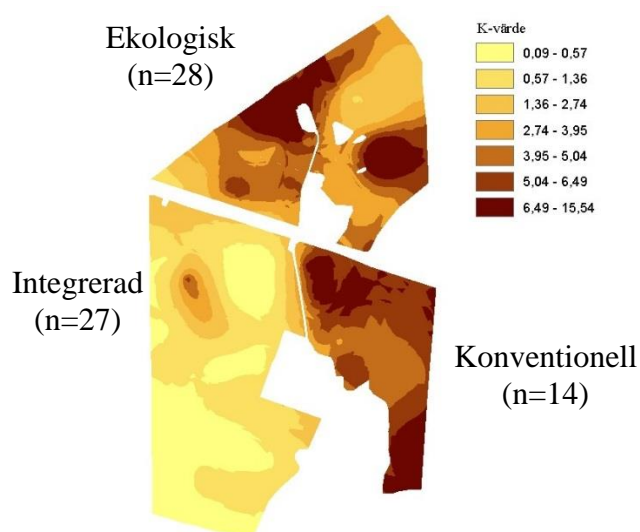
Vid beräkningarna av täckningsbidrag 2 (TB2) valde vi ett snittpris på avsalugrödor för perioden. För förnödenheter har vi använt ett snittpris för produkterna under de år de funnits på marknaden (tabell 4).

Tabell 4. Täckningsbidrag 2 2004-2011

År	kr/ha					
	Havre	Höstraps	Höstvete	Vårraps	Vårvete	Åkerböna
2004	1106	1537	5039		3983	2361
2005	2538	-3333	3742		6407	1093
2006	1354	-400	4175		2528	1956
2007	2222		4979	-3032	2806	854
2008	-1180	-4726	5403		-914	-1660
2009	-330		2325	-2033	3363	764
2010	901	1674	3606		4150	1271
2011	2374	1258	4894		2617	1091
Medel TB2	1123	-665	4270	-2532	3118	966

Markstruktur

Kartläggningen 2003 (Roland, 2003; Stenberg et al., 2005) av olika fysikaliska och kemiska egenskaper i marken gav en bild av markegenskaperna över hela gården. Resultaten bearbetades geostatistiskt för att åskådligt beskriva hur de olika egenskaperna varierade inom gården. Detta gjordes även med resultaten från flera andra studier av marken som genomfördes efter karakteriseringen. Det var möjligt då alla provtagningspunkter fastlades med GPS. Figur 5 visar tydligt att infiltrationen i markytan var betydligt sämre i det integrerade systemet än i de andra systemen vid mätningarna inför dikningen. Den bearbetningssula som skapats under det djup som luckrats med kultivator eller diskharv har mycket låg genomsläpplighet trots flera år med vall och en i övrigt omväxlande växtföljd som hypotetiskt skulle stabilisera och skapa makroporer genom detta kompakta markskikt. Mätningarna har inte kunnat upprepas då inga projektmedel funnits. Men observationer i fält har visat att de fält som fortsatt brukas med reducerad bearbetning har problem med stående ytvatten vid tillfällena med höga nederbörds mängder under en kort tid vilket inte är fallet med de fält som numera plöjs vid behov.

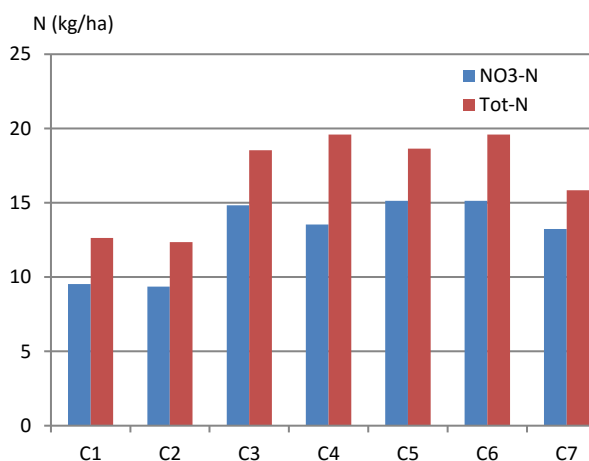


Figur 5. Karta över variationerna i infiltrationen (cm/h) i markytan på Logården. Mörka områden indikerar stor infiltration och ljusa områden liten infiltration (från Roland, 2003).

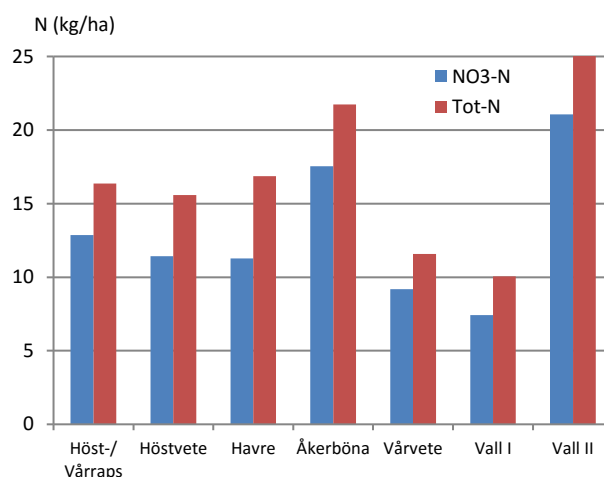
Bjuréus & Berglund (2010) har utvecklat ett markstrukturindex som beräknas från grundläggande markfysikaliska förutsättningarna för odlingen bedöms, effekter av brukarens odlingsåtgärder bedöms och ett enkelt markstrukturtest i fält. De beräknade detta för de tre odlingssystemen på Logården och konstaterade att lägst index i de tre systemen beräknades för det integrerade systemet, endast 0,4 jämfört med 2,1 för det konventionella och 1,4 för det ekologiska. De förklarade utfallet med att nya idéer testades i det integrerade systemet som inte föll så väl ut medan man i det konventionella använde väl beprövade metoder och gjorde få misstag. I det integrerade systemet tolkade man trenden mot lägre skördar som att man fått en negativ spiral i utvecklingen av markstrukturen. Låga skördar ger mindre tillförsel av organiskt material och särskilt en sämre upptorkning ökar problemen med dålig markstruktur.

Utlakning av kväve

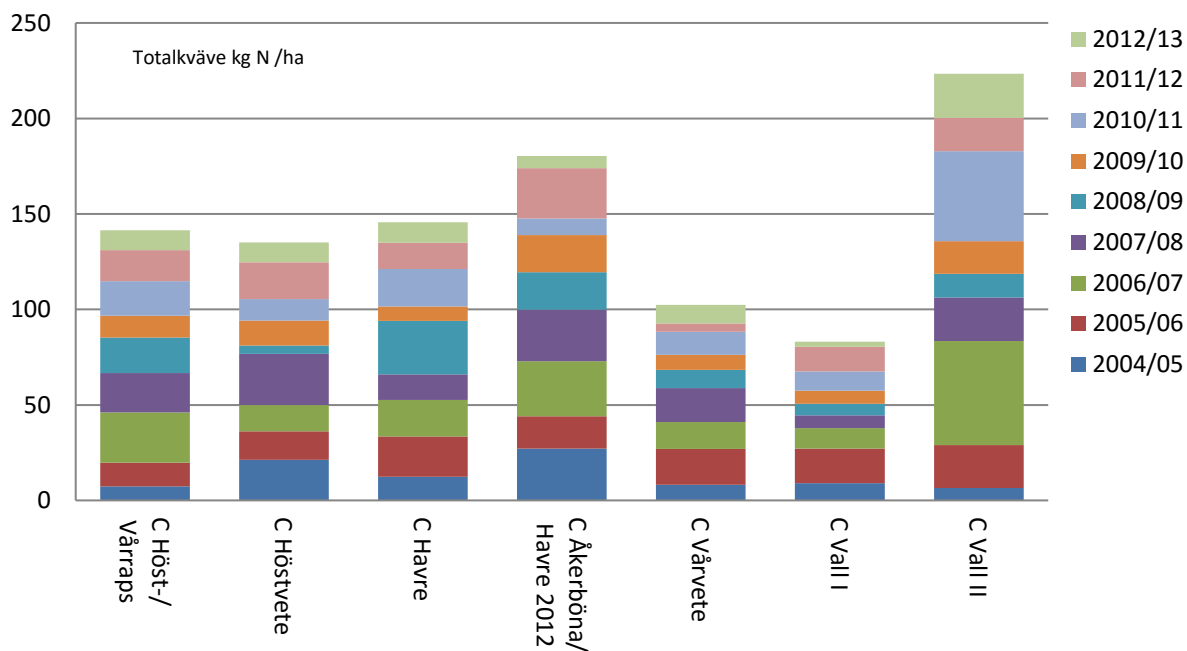
På Logården ingår en tvåårig vall i det integrerade systemet numera huvudsakligen för att främja markstrukturen både då vallen tar upp vatten från marken under en väsentligt längre period under året än spannmål eller andra ettåriga grödor och därmed har en bättre upptorkande effekt vilket är bra för strukturen. Vallen tillför också mer organiskt material till marken än ettåriga grödor. Gräs tar också upp växnäring effektivt ur marken. Man kan därmed anta att risken för kväveutlakning skulle minska med vall i växtföljden. Enligt resultaten här tenderar snarare risken för kväveutlakning att öka med vall i växtföljden (figur 6-8). Vallbrotten kan ge stora mängder utlakat kväve om den efterföljande grödan inte tar upp kvävet som frigjorts vilket flera år varit fallet. Även om inte baljväxterna (lusern och klöver) har etablerats så bra alla år så har kvävemängden som potentiellt kunnat frigöras varit så stor att utlakningen över hela växtföljden blivit större än om bara spannmål och oljeväxter odlats som i det konventionella systemet. I det systemet har utlakningen varit 5-10 kg N per ha och år (Stenberg et al., 2012). Även åkerböna tillför kväve i växtföljden och ger ökad risk för kväveutlakning. Enligt resultaten här kräver grüngödslingsvallar en växtföljd med efterföljande grödor med stort och långvarigt kväveupptag de två första efterverkansåren. Direktsådd har inte minskat risken för utlakningen enligt mätningarna de åren som grödorna direktsåts.



Figur 6. Årlig medelutlakning av nitratkväve (blå stapel) och totalkväve (röd stapel) för respektive skifte C1-C7 (integrerat odlingssystem) för tidsperioden oktober 2004 till juni 2012. Årlig utlakning beräknas från 1 juli till 30 juni året därpå (agrohydrologiskt år).



Figur 7. Årlig medelutlakning av nitratkväve (blå stapel) och totalkväve (röd stapel) för respektive gröda i det integrerade systemet för tidsperioden oktober 2004 till juni 2012. Årlig utlakning beräknas från 1 juli till 30 juni året därpå (agrohydrologiskt år).



Figur 8. Utläkning av totalkväve (kg N/ha) 2004-2012 beräknat för ett agrohydrologiskt år (1 juli-30 juni). Det visar på efterverkans effekter av en gröda. Ackumulerade staplar.

Diskussion

Utveckling av dagens konventionella odling har med åren närmat sig de grundtankar som ställdes upp för den integrerade odlingen på Logården i början av 1990 talet. Sedan 2014 tillämpas inom EU IPM (Integrated Pest Management). Direktiven för IPM bygger mycket på att anpassa växtföljd, grödval, odlingssystem med samma grundtanke som vad som gäller för det integrerade systemet på Logården, nämligen att skapa ett uthålligt odlingssystem och gynna den biologiska mångfalden.

Målsättningen är att skapa ett långsiktigt och uthålligt jordbruk. En av de viktigaste förutsättningarna för hållbarhet är markvård. På Logården är jordarten mellanlera med höga mjälahalt, Den höga mjälahalten gör att jorden är struktursvag och därför känslig för bearbetning vid ogynnsamma fuktighetsförhållanden.

Detta har också visat sig i det plöjningsfria system som tillämpats i den integrerade delen. Roland (2003) visar också att infiltrationen är lägst i den integrerade delen. En förklaring kan vara att det är svårt att hitta den optimala tidpunkten för jordbearbetningen. Även efter den tidsperiod som denna rapport behandlar har skifte C1 och C7 fortsatt att brukas plöjningsfritt. År 2014 kom 30 mm nederbörd strax efter sådd av havre på C1. På det fältet syntes tydligt den begränsade förmågan att ta emot större nederbörds mängder. Effekten blev gulnande gröda med ett behov av extratillförsel av kväve på grund av denitrifikation.

Återkommande problem med dåligt etablerade grödor eller grödor som skadats av bl.a. åkersnigel, vilka har behövts sås om har missgynnat systemet. Dessutom har omsådd krävt förnyad bearbetning, inte sällan under ogynnsamma förhållanden som försämrat markstrukturen i sig, men den ökade trafikmängden pga. omsådd har sannolikt ökat packningen i den del av matjorden som inte luckrats av kultivator. Detta har säkert bidragit till en ackumulerad markpackning som inte kunnat uppvägas av åtgärder som ingått i systemet för att förbättra markstrukturen.

Vi kan med erfarenhet av grödornas utveckling konstatera att målsättningen att skapa en bättre markstruktur och högre infiltration med ett plöjningsfritt system inte har fungerat på Logården.

Grödornas avkastning och TB2 finns redovisades i tabell 3 och 4. Siffrorna visar att våroljevaxter (vårrops) inte har fungerat. Oljevaxter kräver en lucker jord och väl-dränerad markprofil för att utveckla ett kraftigt rotsystem. I övrigt är avkastningsnivåerna i nivå med normskördar för området.

Ett problem som är väldokumenterat i plöjningsfria system är ökad förekomst av gräsogräs, vilket ger en ökad användning av glyfosat och gräsogräs-herbicer. Erfarenheterna på Logården visar på ökade problem med kärrgröe och renkavle i de plöjningsfria fälten. På skifte C2 som i huvudsak fram till 2014 brukats plöjningsfritt, uppstod ett kraftigt uppslag av renkavle i höstvetet vilket gjorda att fältet plöjdes. Förfrukt till höstvetet var grön gödslingvall.

En anledning till den uteblivna förväntade positiva effekten på markstrukturen på Logården kan vara timing för åtgärderna. På Logården har i ett flertal fall används inledda maskiner för jordbearbetningen med mindre möjlighet att styra optimal bearbetningstidpunkt.

Vallen har inte heller visat sig ge de positiva effekter som förväntats. Möjligheten att etablera en kraftig vallgröda är begränsad på den typ av lerjord som finns på Logården. Det har också visat sig att kväveutlakningen har ökat med vall i växtföljden.

Slutsatser

Den integrerade odlingen på Logården har i många fall lyst fram de problem som den konventionella odlingen ger. Detta visar sig bland annat i att många delar av grundtankarna också finns med i de nu accepterade tankegångarna i IPM.

Viktigt är att notera:

- Plöjningsfria system kräver en större känsla för att utföra momenten vid rätt förutsättningar
- Plöjningsfria system passar inte på alla jordar
- Vissa ogräs och framförallt gräsogräs ökar i plöjningsfria system
- Vallen ger inte tillräcklig positiv effekt för att uppväga ett år mindre med avsalugrödor
- Mycket av grundtankarna i den integrerade odlingen finns med i dagens IPM direktiv

Referenser

- Bjuréus, A., Berglund, K. 2010. Odlingssystemets effekt på markstrukturen. En studie av tre olika odlingssystem på Logården. SLU, Uppsala. Inst. för mark och miljö. Hydroteknik. Rapport 15.
- Delin K. 2003. Logårdsprojektet 1992-2002. HS-rapport nr. 1/2003. HS Skaraborg.
- Delin, K., Helander, C.A., Lidberg, J. 2005. Integrerad växtodling på Logården 1992-2004.
- Enwall, K., Throbäck, I.N., Stenberg, M., Söderström, M., Hallin, S. 2010. Soil resources influence spatial patterns of denitrifying communities at scales compatible with land management. *Applied and Environmental Microbiology* 76, 2243-2250.
- 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. Doktorsavhandling.
- 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 Journal of Agronomy* 21, 53-67.
- Kasimir Klemedtsson, Å., Smith, K.A. 2011. The significance of nitrous oxide emission due to cropping of grain for biofuel production: a Swedish perspective. *Biogeosciences* 8, 3581-3591.
- Nylinder, J., Stenberg, M., Jansson, P.E., Kasimir Klemedtsson, Å., Weslien, P., Klemedtsson, L. 2010. Uncertainty of simulated nitrate leaching and nitrous oxide emission based on a field experiment with organic crop rotation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 141, 167-183.
- Roland, B. 2003. Odlingssystemets inverkan på markstrukturen och växtnäringstillståndet - en jämförande studie på Logården. SLU, Inst. för jordbruksvetenskap Skara. Examens- och seminariearbeten, nr. 11.

- Rötter R.P., Palosuo T., Pirttioja N.K. 2011. What would happen to barley production in Finland if global warming exceeded 4 degrees C? A model-based assessment. *Eur J Agron* 35, 205-214.
- Sims, J.T., Simard, R.R., Joern, B. 1998. Phosphorus loss in agricultural drainage: Historical perspective and current research. *Journal of Environmental Quality* 27, 277-293.
- 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., Delin, K., Söderström, M., Helander, C.A. 2009a. Utveckling av integrerad, ekologisk och konventionell växtodling. Hushållningssällskapet Skaraborg, Skara. HS rapport 3/09.
- Stenberg, M., Kreuger, J., Delin, K., Helander, C.A. 2009b. Kartering av pesticider i dräneringsvatten från integrerad och konventionell växtodling. Hushållningssällskapet Skaraborg, Skara. HS rapport 4/09.
- Stenberg, M., Ulén, B., Söderström, M., Roland, B., Delin, K., Helander, C.-A. 2012. Tile drain losses of nitrogen and phosphorus from fields under integrated and organic crop rotations. A four-year study on a clay soil in southwest Sweden. *Science of the Total Environment* 434, 79-89.
- Stenberg, M., Ulén, B., Nylinder, J., Söderström, M., Kreuger, J., Hallin, S., Kasimir Klemetsson, Å. 2012. Soil tillage strategies under conventional, organic and integrated cropping systems on a clay soil. ISTRO 2012. Montevideo, Uruguay.
- Söderström, M. 2012. Integrerat miljö och produktionsindex för fosfor (EPI). Slutrapport till SLF.
- Ulén, B., Snäll, S. 2007. Forms and retention of phosphorus in an illite-clay soil profile with a history of fertilisation with pig manure and mineral fertilisers. *Geoderma* 455-465.
- Ulén, B., Stenberg, M., Wesström, I. 2016. Use of a flashiness index to predict phosphorus losses from subsurface drains on a Swedish farm with clay soils. *Journal of Hydrology* 533, 581-590
- Vereijken, P. 1994. Designing Prototypes. Progress Report of Research Network on Integrated and Ecological Arable Farming Systems for EU and Associated Countries. AB-DLO, Wageningen, 87 pp.
- Vereijken, P. 1997. A methodical way of prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) interaction with pilot farms. *European Journal of Agronomy* 7, 235-250.
- Wessén, E., Stenberg, M., Söderström, M., Hallin, S. 2011. Spatial distribution of ammonia oxidizing bacteria and archaea across a 44-hectare farm related to ecosystem functioning. *The ISME Journal* 5, 1213-1225.

Resultatförmedling till näringen

KSLA-seminarium september 2012

Hemsida: <http://hushallningssallskapet.se/forskning-utveckling/logardsprojekten/>

Studiebesök, bl.a. av riksdagsmän 2011, både från dåvarande Alliansen (nationellt) och från Socialdemokraterna (regionalt).

Logårdsdagen 2011-2013

Fältvandringar

Lantbrukargrupper