

Utveckling av hållbara och produktiva odlingsssystem – karakterisering av en lerjord

Sammanfattning av karakteriseringen av Logården

Maria Stenberg, Karl Delin, Björn Roland, Mats Söderström, Bo Stenberg, Johanna Wetterlind och Carl-Anders Helander



Förord

Karakteriseringen av Logården finansierades av Stiftelsen Lantbruksforskning. Ett antal personer inom Hushållningssällskapet Skaraborg, Avdelningen för precisionsodling, SLU, Lantmännen, Lidköping, samt nätverket Precisionsodling Sverige har varit delaktiga på olika sätt under planering av karakteriseringsprojektet och under projektets genomförande: Karl Delin, Carl-Anders Helander, Björn Roland, Johan Lidberg, Ingemar Gruvaeus, Ulf Axelson, Erik Hallerfors, Stellan Johansson, Ingemar Nilsson, Andreas Karlsson, Tomas Lans, Tage Klasson, Olle Karlsson, Henrik Stadig, Fredrika Lundberg, Olof Friberg, Bo Stenberg, Johanna Wetterlind, Johan Roland, Börje Lindén, Anders Jonsson, Mats Söderström och Knud Nissen.

Under 2003 genomförde Björn Roland sitt examensarbete inom projektet med Maria Stenberg som handledare. Arbetet finns publicerat vid SLU (Roland, 2003). I Stenberg et al. (2005) redovisas övriga delar av karakteriseringen samt en samlad analys av alla resultat. I föreliggande rapport redovisas en sammanfattning av resultaten från karakteriseringen av Logården.

Skara juni 2005

Maria Stenberg

Bakgrund

Ett optimalt utnyttjande av tillförda och platsgivna resurser är en central fråga i produktionen av spannmål och oljevaxter, både i ett kortsiktigt ekonomiskt perspektiv och i ett långsiktigt uthållighetsperspektiv. Hur brukar vi våra jordar för att vi skall kunna producera rätt produkter på dem? Hur tar vi bäst tillvara den växtnäring som vi tillfört och den som härrör från marken själv? Hur undviker vi förluster? Hur påverkas våra produkter och därmed vår konkurrenskraft, av åtgärder som förmodas gynna mångfald och hållbarhet?

Kväve i lantbruket har alltid varit en stor fråga. Regler för hur marken skall brukas för minimerade förluster av mineralkväve till våra vattendrag och till grundvattnet har utarbetats. Speciellt på lätta jordar i södra Sverige kan kväveförlusterna genom utlakning bli stora (se t.ex. Aronsson & Torstensson, 1998; Torstensson & Aronsson, 2000). De största förlusterna från dessa jordar sker under perioder då inget kväveupptag i gröda sker och då nederbörden är hög. Regler för odling av fånggrödor, senareläggning av jordbearbetningstidpunkter samt anpassning av stallgödselgivor och spridningstidpunkter har införts för att minska dessa förluster och förbättra utnyttjandet av tillfört kväve och av kväve som mineraliserats från marken. På lerjordar är bilden en annan. Många av lerjordarna i Mellansverige är struktursvaga med liten genomsläpplighet för vatten och har då ofta ogynnsamma förhållanden för grödors tillväxt. Många av lerjordarna har stor potential för mineralisering av kväve men förlustvägarna för det kväve som mineraliserats skiljer sig från de lätta jordarna genom ökad risk för denitrifikation. Om perioder med riklig nederbörd inträffar när nitratkväve och kol finns tillgängligt i marken i riklig mängd vilket ger risk för denitrifikation och därmed förlust av gasformigt kväve, bl a växthusgasen N_2O . Detta gäller också för mineraliserat markkväve.

På Hushållningssällskapet Skaraborgs försöksgård Logården utanför Grästorp i Västergötland bedrivs sedan 1991 ett projekt för att utveckla odlingssystem som möjliggör uthållig och produktiv livsmedelsförsörjning med minimala negativa effekter på omkringliggande miljö (Helander, 2002; Delin, 2003). Hela gårdens areal om 60 ha ingår i projektet och är indelad i tre olika odlingssystem: konventionell odling, ekologisk odling och integrerad odling. Logården ligger i ett område med relativt struktursvag mellanlera, vilket medför ett stort behov av odlingssystem som är skonsamma för bland annat markstrukturen. Hela gården har varit i behov av ny täckdikning och detta är en av anledningarna till att all åker på Logården låg i träda under 2003 och täckdikades. Detta var också början på ett nytt forskningsprojekt där huvudmålet är att finna lösningar på kväveproblematiken i lerjordar i Mellansverige och med hjälp av detta komma närmare ett samtidigt lönsamt och uthålligt jordbruk. En bättre förståelse av kväveomsättningen i dessa jordar är nödvändig för att minimera kväveförlusterna till luft och vatten. Kunskap om detta ska uppnås genom att dels kontinuerligt mäta kväveförlusterna och dels följa de förändringar i jordens egenskaper som sker i marken i respektive odlingssystem. Täckdikningen genomfördes med ett dikesavstånd på åtta meter. För att kunna följa avrinning och utlakning inom de enskilda skiftena täckdikades de separat, och en uppsamlingsbrunn för dräneringsvatten anlades för varje skifte. I brunnarna kommer det finnas möjlighet att ta prover för bestämning av till exempel kväveutlakning och innehåll av bekämpningsmedelsrester för respektive skifte.

Syfte

Syftet med det här redovisade projektet var att i samband med täckdikningen genomföra en grundläggande karakterisering av förhållandena i marken med avseende på biologiska, fysikaliska och kemiska parametrar för att kunna följa förändringarna i marken efter täckdikningen och i den fortsatta utvecklingen av odlingssystemen.

Material och metoder

Logården

Figur 1 visar en karta över Logården och indelningen i de tre olika odlingssystemen: konventionell (A), ekologisk (B) och integrerad (C) odling. Före 1991 drevs hela gården konventionellt och det var inga skillnader i brukningssätt mellan de tre olika delarna. Fram till år 2000 fanns grisproduktion på Logården och gödsel (fastgödsel och urin) spreds i alla tre odlingssystemen. Av praktiska spridningsskäl tillfördes det dock mer fastgödsel till den ekologiska delen än till de andra två systemen. Ända sedan projektets start har driften i respektive system dokumenterats noggrant (Helander, 2002; Delin, 2003; Helander & Delin, 2004). Detta inkluderar såväl grödor som alla insatser på respektive skifte. Parallellt med detta görs varje år inventeringar av förekomsten av ogräs och skadegörare samt årliga undersökningar av markens egenskaper i fyra referensytor, vardera en i A och B och två i C (figur 1).

Beskrivning av de tre odlingssystemen

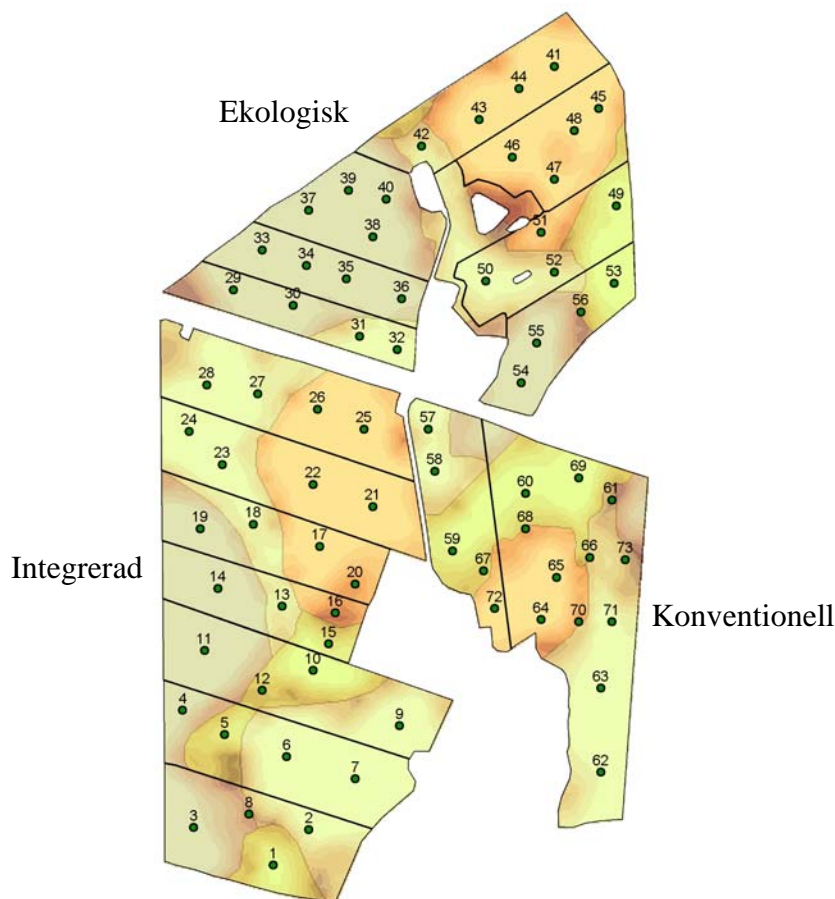
Konventionell odling (A)

Med konventionell odling menas här odling med sedan 50-talet traditionell odlingsteknik där både kemiska bekämpningsmedel och mineralgödsel ingår som en viktig del. I Logårdsprojektet ska den konventionella delen representera det vanligaste odlingssystemet inom svenskt lantbruk idag och därmed också fungera som referens gentemot de andra två systemen. Odlingen sköts som på andra växtodlingsgårdar i området, och insatser görs i enlighet med rekommendationer som ingår i Hushållningssällskapets HIR-rådgivning. Växtföljden domineras av höstvetete och havre med oljeväxter och baljväxter som avbrottsgrödor, och det ingår ingen träda i växtföljden (tabell 1 och 3). Både P- och K-halten i marken har hittills varit relativt höga på grund av den stallgödsel som spridits tidigare. Därför har det inte tillförts vare sig P eller K som mineralgödsel och målet har varit att sänka fosforhalten i marken. Jordbearbetningen är traditionell med plöjning, harvning och sådd med konventionell såmaskin.

Tabell 1. Växtföljder i de tre odlingssystemen till och med 2002 (Delin, 2003)

År	Konventionellt	Ekologiskt	Ekologiskt (B)	Integrerat (C) ¹	Integrerat (C) ¹
1	Ärter/Havre	Ärter	Åkerböna	Ärter	Åkerböna
2	Höstvetete	Höstvetete	Höstvetete/havre + insådd	Höstvetete/vårvete + insådd	Höstvetete/vårvete + insådd
3	Havre	Åkerböna	Träda/gröngödsling	Havre (frässådd)	Träda/grön-
4	Höstvetete	Havre	Höstraps	Höstvetete	Träda/grön-
5	Vårraps	Vicker	Åkerböna	Vårraps	Höstraps
6	Höstvetete	Höstvetete + insådd	Höstvetete/vårvete + insådd	Höstvetete + insådd vitklöver	Höstvetete + insådd vitklöver
7	Havre	Gröngödsling	Träda/gröngödsling	Havre (frässådd)	Havre (frässådd)
8	Höstvetete	Råg	Råg	Rågvete	Rågvete

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



Figur 1. Zonindelning, representerad av de olika färgerna i figuren, gjord på basis av mätningar av markens elektriska konduktivitet, topografi och fosforinnehåll. 73 provplatser valdes med några undantag ut där förhållandena var homogena (figur från Mats Söderström, Lantmännen).

Ekologisk odling (B)

Den ekologiska odlingen bedrivs enligt KRAV:s regler vilket bland annat betyder att varken mineralgödsel eller kemiska bekämpningsmedel används. Växtföljden (tabell 1 och 3) är utformad så att den så mycket som möjligt förebygger problem med ogräs och skadegörare. Kväveförsörjningen sker till största delen genom odling av kvävefixerande grödor. Genom att marken hålls bevuxen så stor del av året som möjligt minimeras riskerna för växtnäringsförluster, erosion och markpackning, vilket är viktiga mål i odlingssystemet. Jordbearbetningen är i stort sett likadan som i den konventionella delen, förutom att stubbearbetning tillämpas för att bekämpa ogräs i det ekologiska systemet. Jordbearbetning för bekämpning av ogräs blir ofta en avvägning mellan en effektiv ogräsbekämpning och att minimera antalet överfarer för att minska energiåtgång och kväveförluster. Mekanisk ogräsbekämpning tillämpas genom harvning i stråsäden och radhackning i åkerböborna.

Integrerad odling (C)

Syftet med den integrerade odlingen är att bedriva en miljövänligare konventionell odling. Den integrerade växtföljden (tabell 1 och 3) är utformad på ungefär samma sätt och med ungefär samma mål som den ekologiska, det vill säga förebyggande mot ogräs och skadegörare och odling av kvävefixerande grödor. Som komplement används mineralgödsel och vid behov kemisk bekämpning. Ett led i att minska energiåtgången i den integrerade delen är att den odlats helt plöjningsfritt sedan starten 1991. Den mesta jordbearbetningen har utförts med kultivator till 10-15 cm djup och sedan harvning samt sådd med konventionell såmaskin. Även här har en jordbearbetande såmaskin använts vid behov. Andra typer av såtekniker, till exempel frässådd och kultivatorsådd, har provats med lite olika resultat. Målsättningen har

varit att eventuella skördeminskningar i det integrerade odlingssystemet jämfört med det konventionella skulle täckas av lägre produktions- och insatskostnader.

Bestämning av provplatser

Provplatserna för karakteriseringen valdes ut med hjälp av mätningar av markens elektriska konduktivitet med EM38 (Geonics Ltd, Kanada), topografi och fosforinnehåll (P-AL i matjorden 1991). Med hjälp av dataprogrammet FuzME (Minasny & McBratney, 2002) bearbetades dessa tre parametrar så att en zonindelning av Logården kunde göras på basis av parametrarna. Mätning av markens elektriska konduktivitet och zonindelning utifrån mätningarna har visat sig användbar vid uttagning av platser för jordprovtagning (se t.ex. Zimmermann et al., 2003). Zonindelningen på Logården skapades så att förhållandena inom varje zon blev relativt likartade, och provplatser valdes ut på homogena ytor för att få representativa prover, totalt 73 st. (figur 1).

Jordprovtagning

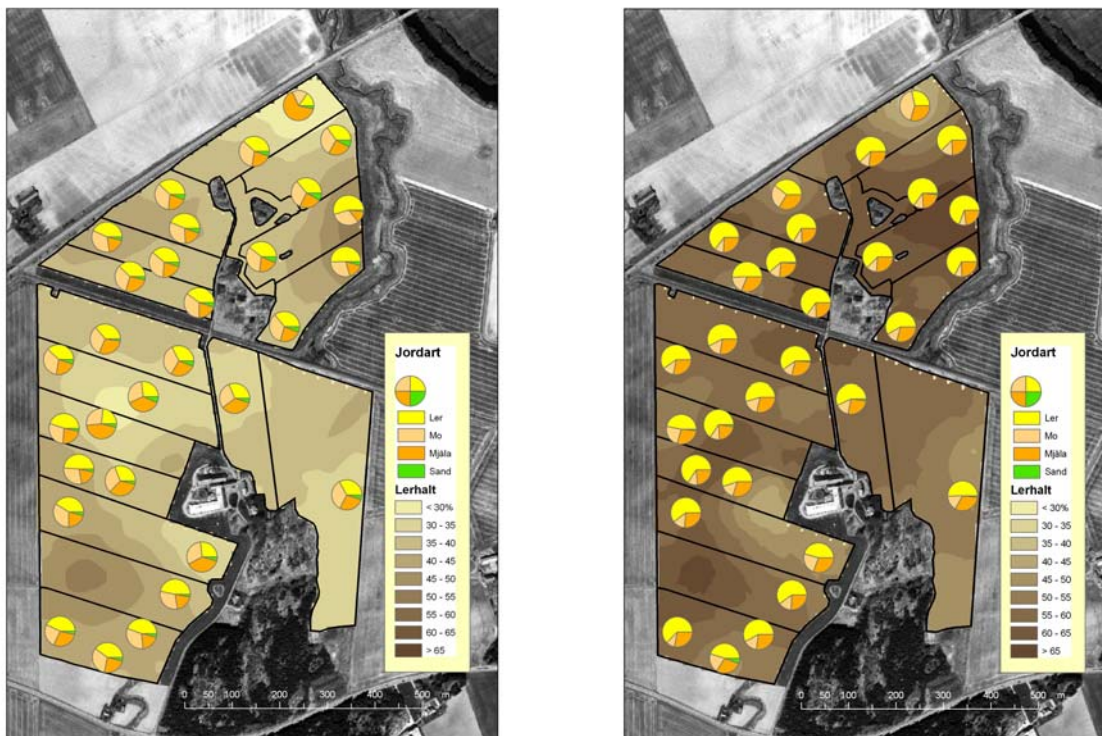
Jordprovtagningen utfördes huvudsakligen efter skörd 2002 och innan täckdikningen som genomfördes april-augusti 2003. Grödor under denna period var fånggröda och bevuxen träda. Cylindrar (50 mm höga, 72 mm innerdiameter) med ostörda jordprover togs ut från varje provpunkt i nivåerna 15-20, 25-30 och 50-55 cm för analys av mättad genomsläpplighet, total porvolym, skrymdensitet samt vattenhållande förmåga. Porstorleksfördelning i de ostörda proverna beräknades som ekvivalentpordiameter vid de olika vattenavförande trycken 0,05 m, 0,5, 1 m, 6 m samt 150 m vattenpelare. På varje provplats togs jordprover för analys av jordart och kemiska analyser ut från 10-20 cm respektive 50-55 cm djup med hjälp av jordborr. Potentiell kväveminerisering analyserades på prover från 5-10 cm djup. Jorden sållades sedan genom ett 2 mm såll och förvarades frysta fram till analys.

Analys

Analys av vattenhållande förmåga och genomsläpplighet utfördes vid Inst. för markvetenskap, SLU, Uppsala. Analyser av kemiska egenskaper i jorden utfördes med vedertagna metoder vid Institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala. Jordart analyserades på hälften av proverna vid Inst. för markvetenskap, SLU, Uppsala, med pipettmetoden. Vid Avd. för precisionsodling, SLU, Skara, predikterades lerhalten i alla prover med NIR. Inkuberingar och extraktioner för analys av potentiell kväveminerisering genomfördes vid Avd. för precisionsodling, SLU, och analys av ammonium vid AnalyCen Nordic AB. Direkt i fält mättes markens elektriska konduktivitet mättes med EM38 (Geonics Ltd, Kanada), vattnets infiltration i markytan genom dubbelringsmetoden samt penetrationsmotståndet i 0-50 cm djup med penetrometer.

Resultatbearbetning

Ett medeltal av de två mätningarna av respektive parameter på varje provplats bearbetades geostatistiskt i dataprogrammet ArcGIS, version 9 (ESRITM, USA). Som interpoleringsmetod användes blockkriging (Johnston et al., 2001). Beräkningarna i ArcGIS av markfysikaliska och -kemiska parametrar redovisades i Roland (2003) som kartor som visar hur respektive parameter varierade i fält. Resultaten från karakteriseringen bearbetades med PCA i Unscrambler[®] 9.0 (CAMO PROCESS AS, Oslo, Norway) (Stenberg et al., 2005). Medelvärden för alla parametrar i alla provpunkter redovisas i Roland (2003) och Stenberg et al. (2005). Odlingssystemen lades ut för analys av och för att framtagande av underlag för utveckling av det enskilda systemet skall underlättas och inte för jämförelse av odlingssystemen.



Figur 2. Jordart (lera, mjåla, mo och sand, %) i provtagningspunkterna i matjord (till vänster) och alv (till höger) vid karakteriseringen med interpolerad lerhalt (%) och K-HCl (mg g^{-1}) i bakgrunden.

Resultat och diskussion

Roland (2003) publicerade några av de parametrar som bestämdes vid karakteriseringen. Dessa publicerades som detaljerade grunddata, bearbetade med geostatistiska metoder samt med analys av samband mellan redovisade parametrar. Parametrarna var:

- Vatteninfiltration i markytan
- Penetrationsmotstånd i 0-50 cm.
- Mättad vattengenomsläpplighet och skrymdensitet i matjord (15-20 cm), plogsula (25-30 cm) och alv (50-55 cm).
- Markstrukturtest (enligt Kerstin Berglund, 2002, <http://www.mv.slu.se/MSI/index.htm>).
- Innehåll av totalkväve (tot-N), P, K, Ca, Mg, Cu, B, aluminium (Al), kadmium (Cd), totalkol (tot-C) samt pH i 10-20 cm samt 50-55 cm djup.

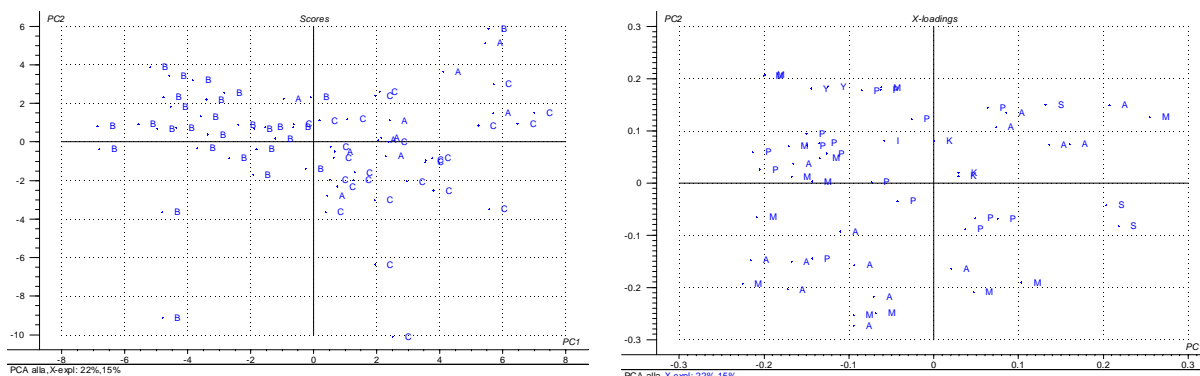
Stenberg et al. (2005) redovisade en samlad analys av alla resultaten samt resterande parametrar från karakteriseringen vilka var följande:

- Jordart i 10-20 samt 50-55 cm djup (matjord och alv).
- Vattenhållande förmåga och porstorleksfördelning i 15-20, 25-30 samt 50-55 cm djup.
- Potentiell kvävemineralisering i 5-10 cm djup.
- Totalkol och totalkväve i 5-10 cm djup.

I tabell 2 redovisas medelvärden, median, maximum, minimum och standardavvikelse för alla i karakteriseringen av Logården uppmätta parametrar. Jordart i matjord och alv i hälften av provpunkterna visas i figur 2. Figur 3 visar resultatet av en PCA-analys av alla parametrarna i alla provpunkter, djup och odlingsystem på Logården. I Stenberg et al. (2005) redovisas dessutom PCA-analys för parametrarna inom odlingsystem och marknivå. Man kan i figurerna se att några av provpunkterna skiljde sig markant från övriga även om spännvidden i inom de flesta parametrarna var relativt stor.

Tabell 2. Parametrar som analyserades vid karakteriseringen av Logården 2002-2004

Parameter	Medel	Median	Max	Min	SD	Antal
Porer >30 15-20 cm djup (volym-%)	3,09	2,90	9,67	0,00	2,09	64
Porer >30 20-25 cm djup (volym-%)	3,14	3,06	9,62	0,00	1,92	64
Porer >30 50-55 cm djup (volym-%)	2,14	1,97	7,73	0,00	1,98	64
Torr skrymdensitet 15-20 cm djup (g cm ⁻³)	1,49	1,50	1,63	1,29	0,07	64
Torr skrymdensitet 25-30 cm djup (g cm ⁻³)	1,52	1,52	1,71	1,30	0,08	64
Torr skrymdensitet 50-55 cm djup (g cm ⁻³)	1,51	1,51	1,73	1,30	0,08	64
Porvolym 15-20 cm (%)	42,80	42,73	50,10	37,80	2,61	64
Porvolym 25-30 cm (%)	42,63	42,64	51,09	35,42	2,83	64
Porvolym 50-55 cm (%)	43,88	43,86	52,53	35,67	3,10	64
Mättad vattengenomsläpplighet 1 h 15-20 cm (cm h ⁻¹)	3,71	1,68	30,53	0,00	6,22	64
Mättad vattengenomsläpplighet 1 h 25-30 cm (cm h ⁻¹)	2,58	1,02	17,38	0,00	3,88	64
Mättad vattengenomsläpplighet 1 h 50-55 cm (cm h ⁻¹)	0,92	0,05	11,24	0,00	2,17	64
Totalkol, 10-20 cm (% av lufttorrt)	1,60	1,60	2,43	0,45	0,36	63
Toatkol, 50-55 cm (% av lufttorrt)	0,43	0,38	1,17	0,13	0,19	64
Totalkväve, 10-20 cm (% av lufttorrt)	0,15	0,15	0,23	0,05	0,03	63
Totalkväve, 50-55 cm (% av lufttorrt)	0,04	0,04	0,11	0,02	0,02	64
Infiltration av vatten i markytan, (cm h ⁻¹)	5,03	3,17	29,50	0,05	6,17	64
Lera 10-20 cm (%)	37,70	38,04	54,54	15,06	8,22	30
Mjåla 10-20 cm (%)	31,61	32,25	35,35	16,74	3,71	30
Mo 10-20 cm (%)	26,13	23,47	64,75	12,20	10,07	30
Sand 10-20 cm (%)	4,56	4,32	8,17	1,77	1,49	30
Lera 50-55 cm (%)	57,27	59,52	68,94	28,25	9,10	30
Mjåla 50-55 cm (%)	26,95	27,01	33,57	21,64	2,84	30
Mo 50-55 cm (%)	14,80	12,85	41,87	7,74	6,94	30
Sand 50-55 cm (%)	1,01	0,82	5,36	0,10	0,96	30
pH 10-20 cm	6,78	6,80	7,40	6,10	0,23	64
P-AL 10-20 cm (mg 100g ⁻¹ lufttorrt prov)	12,81	11,70	38,00	1,40	7,13	64
K-AL 10-20 cm (mg 100g ⁻¹ lufttorrt prov)	16,89	15,25	36,00	8,00	6,42	64
Ca-AL 10-20 cm (mg 100g ⁻¹ lufttorrt prov)	258,28	259,00	330,00	158,00	30,85	64
Mg-AL 10-20 cm (mg 100g ⁻¹ lufttorrt prov)	37,76	35,20	85,30	12,40	13,94	64
P-HCl 10-20 cm (mg 100g ⁻¹ lufttorrt prov)	79,70	78,50	129,00	33,00	20,74	64
K-HCl 10-20 cm (mg 100g ⁻¹ lufttorrt prov)	315,00	315,00	570,00	90,00	76,89	64
Cu-HCl 10-20 cm (mg kg ⁻¹)	13,72	13,65	22,40	4,60	3,13	64
pH 50-55 cm	7,40	7,40	8,10	6,90	0,26	64
P-AL 50-55 cm (mg 100g ⁻¹ lufttorrt prov)	6,98	5,90	22,60	0,80	4,16	64
K-AL 50-55 cm (mg 100g ⁻¹ lufttorrt prov)	16,61	16,25	35,50	8,50	4,42	64
Ca-AL 50-55 cm (mg 100g ⁻¹ lufttorrt prov)	247,33	249,00	318,00	139,00	34,81	64
Mg-AL 50-55 cm (mg 100g ⁻¹ lufttorrt prov)	94,52	99,50	147,00	18,20	26,34	64
P-HCl 50-55 cm (mg 100g ⁻¹ lufttorrt prov)	56,41	56,00	85,00	42,00	7,71	64
K-HCl 50-55 cm (mg 100g ⁻¹ lufttorrt prov)	497,11	515,00	695,00	215,00	101,75	64
Cu-HCl 50-55 cm (mg kg ⁻¹)	16,70	16,30	26,10	5,80	3,89	64
Potentiell N-mineralisering (mg amm-N g ⁻¹ ts jord o. 10dgr)	0,05	0,05	0,08	0,02	0,01	54
Totalkol, 5-10 cm (% av lufttorrt)	1,86	1,87	2,42	1,11	0,25	56
Totalkväve, 5-10 cm (% av lufttorrt)	0,17	0,17	0,22	0,10	0,02	56
Penetrationsmotstånd 6 cm djup (MPa)	0,66	0,62	1,12	0,39	0,18	64
Penetrationsmotstånd 8 cm djup (MPa)	0,79	0,78	1,23	0,49	0,17	64
Penetrationsmotstånd 14 cm djup (MPa)	1,12	1,14	1,66	0,69	0,21	64
Penetrationsmotstånd 16 cm djup (MPa)	1,18	1,19	1,76	0,66	0,25	64
Penetrationsmotstånd 22 cm djup (MPa)	1,43	1,47	2,00	0,79	0,28	64
Penetrationsmotstånd 26 cm djup (MPa)	1,76	1,81	2,21	1,03	0,27	64
Penetrationsmotstånd 28 cm djup (MPa)	1,95	1,98	2,40	1,25	0,27	64
Penetrationsmotstånd 36 cm djup (MPa)	2,65	2,58	3,63	1,80	0,36	64
Penetrationsmotstånd 44 cm djup (MPa)	3,10	2,94	4,32	1,84	0,53	64
Lerhalt, predikterad, 5-10 cm djup (%)	36,85	37,00	50,67	13,69	6,18	64



Figur 3. PCA-analys av alla data från karakteriseringen av Logården 2002-2004.

Marken på Logården är struktursvag med en väldigt liten andel makroporer ($> 30 \mu\text{m}$). Att arbeta vidare med markstrukturen inom varje odlingssystem är mycket viktigt. Växtföljderna från och med 2004 visas i tabell 3. Karakteriseringen av Logården ligger till grund för flera nya forskningsprojekt där den fortsatta utvecklingen av odlingssystemen på Logården följs med avseende på kväve-, fosfor- och pesticidutlakning samt lustgasemissioner för att få kunskap om dessa och hur vi skall anpassa odlingen för att uppnå produktions- och miljömål.

Tabell 3. Växtföljd i de tre odlingssystemen från och med 2004

År	Konventionellt (A)	Ekologiskt (B)	Integrerat (C)
1	Havre	Åkerböna (fånggröda vid sen sådd)	Åkerböna med fånggröda
2	Höstvete med fånggröda	Havre/Höstvete med insådd	Vårvete med insådd
3	Havre	Gröngödsling	Gröngödsling I
4	Höstvete	Höstraps	Gröngödsling II
5	Höstraps/Vårraps	Höstvete med insådd	Höstraps
6	Höstvete med fånggröda	Gröngödsling	Höstvete med fånggröda
7		Råg	Havre

Litteratur

- Aronsson, H., Torstensson, G. 1998. Measured and simulated availability and leaching of nitrogen associated with frequent use of catch crops. *Soil Use and Management* 14, 6-13.
- Delin, K. 2003. Logårdsprojektet 1992-2002. HS-rapport 1/2003, Hushållningssällskapet Skaraborg, Skara.
- Delin, S., Söderström, M. 2002. Performance of different methods for mapping soil data with soil electrical conductivity. In: Implementation of Precision Farming in Practical Agriculture, NJF Seminar no. 336, 10-12 June 2002, Skara, Sweden.
- Helander, C.A. 2002. Farming System Research. An approach to developing of sustainable farming systems and the role of white clover as a component in nitrogen management. SLU. 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. *Europ. J. Agronomy* 21, 53-67.
- Minasny, B., McBratney, A.B. 2002. FuzME version 3.0, Australian Centre for Precision Agriculture, The University of Sydney, Australia.
- Torstensson, G., Aronsson, H. 2000. Nitrogen leaching and crop availability in manured catch crop systems in Sweden. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 56, 139-152.
- Zimmermann, H.L., Plöchl, M., Luckhaus, C. & Domsch, H. 2003. Selecting the optimum locations for soil investigations. Precision Agriculture, proceedings of the 4th ECPA Conference in Berlin, Germany. Wageningen, Holland.

Publicering och presentationer av projektet 2002-2005

Rapporter och uppsatser

- Roland, B. 2003. Odlingssystemets inverkan på markstrukturen och växtnäringstillståndet - en jämförande studie på Logården. SLU, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Examens- och seminariearbeten, nr. 11.

- Roland, B., Delin, K., Stenberg, M., Lidberg, J., Helander, C.A. 2003. Utveckling av hållbara odlingssystem – ekologisk odling på Logården 1992–2002. In: Ekologiskt lantbruk – vägar val, visioner. CUL, SLU, Ultuna 18-19 november 2003. pp. 222-223.
- 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. Sammanfattning av karakteriseringen av Logården. Hushållningssällskapet Skaraborg. HS rapport nr 2/2005.
- 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, Avdelningen för precisionsodling. Rapport 2. <http://www.mv.slu.se/po/pub/porapp2.pdf>.
- Stenberg, M., Roland, B., Söderström, M., Delin, K., Helander, C.A. 2005. Characterization of a clay soil managed by integrated, organic and conventional farming. Manuscript.
- Stenberg, M., Helander, C.A., Delin, K., Söderström, M. 2003. Organic, integrated and conventional farming systems on a clay soil in Sweden. In: Proceedings from the 22nd NJF Congress, "Nordic Agriculture in Global Perspective", July 2003, Turku, Finland.
- Stenberg, M., Söderström, M., Helander, C.A., Delin, K. 2003. Developing sustainable cropping systems - characterization of a clay soil. In: Proceedings from the 4th European Conference on Precision Agriculture, June 2003, Berlin, Germany.
- Stenberg, M., Delin, K., Roland, B., Söderström, M., Helander, C.-A. 2004. Utveckling av hållbar och produktiv växtodling på lerjord. In: Jordbrukskonferensen 2004. 23-24 november 2004. SLU, Uppsala.
- Stenberg, M., Helander, C.A., Delin, K., Söderström, M. 2002. Utveckling av hållbara och produktiva odlingssystem – karakterisering av en lerjord. In: Jordbrukskonferensen 2002. Jordbruk i förändring, 19-20 november 2002. SLU, Uppsala. p. 184.
- Söderström, M., Lindén, B. 2004. Using precision agriculture data for planning field experiments – experiences from a research farm in Sweden. Proceedings of the 12th International Conference on Mechanization of Field Experiments. IAMFE 2004, St. Petersburg, Russia, pp. 161-168.
- Wetterlind, J., Stenberg, B., Söderström, M. 2005. New strategy for farm-soil mapping using NIR to increase sample point density. 1st Focus on Soils Symposium "Managing soils for the future" 14-16 September in Uppsala: New strategy for farm-soil mapping using NIR to increase sample point density. Accepted for oral presentation.
- Wetterlind, J., Stenberg, B., Söderström, M. 2005. New strategy for farm-soil mapping using NIR to increase sample point density. Conference Handbook, NIR 2005, NIR in Action-Making a Difference, 12th International Conference on Near-Infrared Spectroscopy, Auckland, New Zealand, 9-15 April 2005.
- Wetterlind, J., Stenberg, B., Söderström, M., Stenberg, M. 2005. New strategy for farm-soil mapping using NIR to increase sample point density. In: Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 12th International Conference on Near-Infrared Spectroscopy, Auckland New Zealand, NIR Publications. 8 pp. Submitted manuscript.

Övrig presentation och publicering

- ECPA pre-conference tour 2005 – seminarium på Logården för resedeltagarna.
- Presentation av projektet på Uddevallakonferensen 2005.
- Ett antal träffar och fältvandringar med organisationer, rådgivare och lantbrukare anordnade av bl.a. HS, Lantmännen, Jordbruksverket, Spannmålsodlarna 2002-2005.
- Täckdikarmöte SJV 2004.
- Seminarier och fältvandringar för studenter från SLU, GU, HTU och BYS.
- Workshop vid presentation av examensarbete där även referensgruppen knuten till det ursprungliga Logårdsprojektet deltog.
- Publicerat på www.hush.se/r (hemsida Hushållningssällskapet Skaraborg, se Försök och Utveckling).
- Den karakteriseringen av Logården som gjordes som underlag för val av provpunkter finns med som en sk "case-study" i ett utbildningsmaterial för fortbildning inom geografiska informationssystem utarbetat inom EU-projektet "GISA2E", www.gisa2e.educagri.fr.

Nya projekt 2004-2005

- Dikväveoxidemissioner från ekologisk odling styrda av kväveeffektiviteten i systemet, Leif Klemedtsson, Göteborgs Universitet (Formas 3 år, 3 444 000 kr).
- Möjligheter att reducera fosforförluster och förbättra jordstruktur och aggregatstabilitet i lerjordar, Barbro Ulén, SLU (Formas 3 år, 2 034 000 kr).
- Utveckling av integrerad, ekologisk och konventionell växtodling, Maria Stenberg, HS Skaraborg (SLF 3 år, 1 350 000 kr).
- Kartering av pesticider i dräneringsvatten från integrerad och konventionell växtodling, Maria Stenberg, HS Skaraborg (SLF 3 år 1 500 000 kr).