

# Precisionsodling 2010

*-Precisionsodling och pedometri*



Christina Lundström (red.)

**Precisionsodling**  
**2011:1**  
**Skara**

ISBN 978-91-576-9043-2 (tryck)  
ISBN 978-91-576-9044-9 (pdf)

## Förord

Precisionsodling och pedometri genomför varje år en mängd projekt inom de tre områdena; Förbättrat växtnäringsutnyttjande och minskade växtnäringsförluster, Digital markkartering och pedometri samt Biologisk markkartering med betoning på markburna patogener. Verksamheten strävar efter hög vetenskaplig kvalitet, men också kontakt med näringen via Lanna försöksstation och POS (precisionsodling Sverige). Utöver olika projekt genomfördes utbildningar och konferenser och gruppens medlemmar deltog i olika nationella och internationella sammanhang. En av årets höjdpunkter var när Lena Engström lade fram sin avhandling: Nitrogen dynamics in crop sequences with winter oilseed rape and winter wheat.

Denna rapport är en sammanställning av de projekt som var aktuella under 2010. Projekten presenteras på svenska, men i slutet av rapporten finns också en kort sammanfattning på engelska för respektive projekt. Trevlig läsning!

Skara 2011

Christina Lundström  
Redaktör

## Innehållsförteckning

Förord .....	1
Innehållsförteckning .....	4
Precisionsodling och pedometri .....	6
Projekt 2010 .....	9
Förbättrat växtnäringsutnyttjande och minskade växtnäringsförluster .....	9
Nya mätmetoder för värdering av kväve i organiska gödselmedel .....	10
Fosforgödslingseffekt hos olika restprodukter .....	11
Förfrukts- och platsanpassad kvävetillförsel i odling av ekologisk höstraps ( <i>Brassica napus</i> L.) .....	12
Optimal kvävegödsling på våren till höstraps i relation till kväveupptag på hösten, kvävemineralisering under växtsäsong och skörd .....	15
Utlakning av kväve vid olika gödslingsintensitet vid odling av stråsäd .....	17
Nitratutlakning efter olika spridningstidpunkter av flytgödsel till vall .....	19
Emissioner av kväve i gasform från lerjord beroende av tidpunkt för jordbearbetning .....	20
Ett integrerat miljö- och produktionsindex för fosfor (EPI) .....	23
Identifiering av kritiska källområden och transportvägar för fosfor .....	24
Digital markkartering och pedometri .....	26
Tredimensionell markkartering .....	27
Platsspecifik snabbbestämning av skördebegränsande markfysikaliska egenskaper .....	29
Optimering av metod för att analysera mullhalt och ler med nära infraröd reflektansspektroskopi (NIR) .....	31
Beslutsunderlag för kvävestyrning i realtid baserat på sensordata, databaser och modellsimuleringar – informationsfusion inom precisionsodling .....	34
Strategi för att minimera kadmium i jordbruksmark och gröda .....	36
Variation i marken inom fältförsök – hur kan vi kvantifiera och hur ska vi hantera variationen? .....	38
Digitala tidsresor .....	39
Biologisk markkartering .....	41
Biologisk markkartering (BioSoM) - TEMA vid NL-fakulteten .....	42
Helautomatiskt övervakningssystem för insektsangrepp för platsspecifik bekämpning .....	44
Utbildning och information .....	50
Hur behandlas områdena livsmedelsproduktion, lantbruk och markanvändning i skolans värld? .....	53
Samverkan mellan skola och lantbruk – vilka erfarenheter finns? .....	55
Avhandlingar .....	57
Undervisning .....	57
Agronomprogrammet .....	57
Uppdragsutbildning .....	57
Övrig verksamhet .....	58
Lanna försöksstation .....	58
Precisionsodling Sverige (POS) .....	61
English summaries to presented projects .....	65
New methods for measuring nitrogen value of organic fertilisers .....	65
Phosphorous fertilisation effects from different residues .....	65
Nitrogen management strategies in organic oil seed rape ( <i>Brassica napus</i> L.) production – influence of previous crop and site on yield .....	65
Optimum N fertilization in spring of winter oilseed rape and the impact of N uptake in autumn, soil N mineralization after spring and yield .....	65

Nitrate leaching at different nitrogen fertilisation rates in spring oats.....	66
Nitrate leaching after different times of dairy cattle slurry application to ley .....	66
Gaseous nitrogen emissions from clay soil are dependent on time for primary tillage ...	66
Development of an integrated environmental and production index for phosphorus (EPI) .....	67
Identifying critical source areas and transport pathways for phosphorus .....	67
Soil mapping in three dimensions .....	67
Rapid site-specific measurement of harvest limiting physical soil properties .....	68
Optimization method for analyzing the organic matter and clay content with near infrared reflectance spectroscopy (NIR) .....	68
Decision support for nitrogen fertilization in real-time based on sensor data, databases and model simulations – information fusion in precision agriculture.....	68
Risk mapping for cadmium in arable soil and crops .....	69
Variation in the soil in field trials - how can we quantify and how can we handle the variation? .....	69
Digital time travels .....	69
Biological Soil Mapping (BioSoM) .....	70
Automatic counting of insects for site-specific control .....	70
How does the educational system in Sweden deal with food, farming and land management?.....	70
Cooperation between schools and farms – what are the experiences?.....	70
Lanna – Experimental station and farm .....	71
POS (Precision agriculture Sweden).....	71
Publikationer 2010 .....	72

## **Precisionsodling och pedometri**

Verksamheten, såsom forskning, utbildning och information präglas av en helhetssyn och sker i nära samarbete och dialog med näringsliv, myndigheter, organisationer och rådgivning. Gruppen spelar också en aktiv roll inom Precisionsodling Sverige, POS, som är ett nationellt nätverk med ett stort antal aktörer.

### **Verksamhetens övergripande målsättning är:**

- ◆ att öka kunskapen om hur man kan förbättra effektiviteten i utnyttjandet av insatsmedel och naturliga resurser för att förbättra grödornas avkastning, jordbruksprodukternas kvalitet och samtidigt minska lantbrukets påverkan på miljön.
- ◆ att ta fram bättre beslutsunderlag för lantbrukare och rådgivare.
- ◆ att utveckla metoder för att förbättra styrning och precision i utförda insatser.

Under 2010 bestod gruppen av totalt 16 anställda plus en inskriven doktorand i samarbete med Högskolan i Skövde. Av de anställda är nio disputerade, varav en med docentkompetens.

---

#### **Skara**

Sofia Delin, forskare  
 Lena Engström, forskningsassistent, disputerade december 2010  
 Anders Jonsson, forskningsledare, adj. professor  
 Christina Lundström, forskningsassistent  
 Katarzyna Marzec-Schmidt, post doc  
 Anna Nyberg, forskningsassistent  
 Kristin Piikki, post doc  
 Bo Stenberg, forskningsledare, docent  
 Maria Stenberg, forskare  
 Mats Söderström, forskare  
 Ann-Charlotte Wallenhammar, gästforskare  
 Lina Nolin, doktorand, Högskolan i Skövde/SLU

#### **Lanna**

Johan Fredriksson, försöksförman  
 Anders Grandin, försökstekniker  
 Johan Roland, distriktsförsöksledare  
  
 Tobias Carlsson, säsongsanställd  
 Karl Persson, säsongsanställd

Verksamheten i Skara är en del av Institutionen för mark och miljö i Uppsala. och benämns forskargruppen Precisionsodling och pedometri.

Under 2010 har vi haft ytterligare en disputation vid precisionsodlingsgruppen. Lena Engström försvarade sin avhandling "Nitrogen dynamics in crop sequences with winter oilseed rape and winter wheat". Här beskrivs bland annat höstrapsens fördel som förfrukt till höstvetet i första hand med avseende på kväveeffekter.

Lanna försöksstation utgör en viktig del av verksamheten. Här bedrivs sedan många år ett stort antal långliggande försök inom

mark/växtområdet. Under 2010 utfördes totalt 60 mark/växtförsök av olika storlek och inriktning. På Lanna finns sex fältanläggningar för mätning av växtnäringsläckage och en anläggning för kontinuerlig mätning av lustgasavgång (se Övrig verksamhet).

Under 2010 var de totala intäkterna (inklusive Lanna) 17,1 miljoner kronor. Av detta var 2,9 mkr statsanslag, 3,5 mkr TEMAPengar från fakulteten, 10,5 mkr bidrags- och uppdragsintäkter samt 0,2 mkr övriga intäkter.

Forskargruppen i Skara arbetar aktivt inom det nationella samarbetsprojektet POS.

## **Forskning i gruppen**

Målsättningen med forskningen är att öka kunskapen om markens och grödans lokala variation i tid och rum samt att möjliggöra att hänsyn kan tas till denna variation. Växelverkan mellan teori, teknik och praktik möjliggör i förlängningen ett korrekt beslutsfattande inom växtproduktionen ur både ett produktions- och miljöperspektiv, d.v.s. att precisionen i produktionen skall bli hög. Därmed skall tillgängliga resurser, såväl tillförda som från mark och gröda i sig, kunna tillvaratas på bästa sätt för önskad skörd och kvalitet med minimerade bieffekter såsom läckage eller annan miljöstörning. Odlingsförutsättningarna ändras ofta över mycket korta avstånd. Vad som är rätt odlingsåtgärd varierar därför inom fält. Kännedom om markens och grödans beskaffenhet och egenskaper på varje enskild plats är därför en förutsättning. Dessutom krävs tillgång till metoder att utifrån denna information identifiera begränsande faktorer och riskområden för läckage, emissioner och kvalitetsnedsättningar. Vid åtgärder där hänsyn tas till variationen förutsätts god kännedom om insatsmedlens egenskaper. Särskilt egenskaperna hos förfrukter och organiska gödselmedel varierar, inte bara mellan olika typer, utan även beroende på ursprung och över tiden. Den nära kopplingen till praktiken och förväntningarna på att aktivt kunna medverka till att det görs "rätt" åtgärder i praktiska odlingssystem ställer stora krav på att fördjupade kunskaper om interaktioner i marken och mellan mark och gröda kan kombineras med insikter om de praktiska förhållandena.

Forskningen i gruppen kan delas in i tre områden:

- *Förbättrat växtnäringsutnyttjande och minskade växtnäringsförluster*

Målsättningen med detta område är att optimera gödselektiviteten i konventionella och ekologiska odlingssystem. Vi vill optimera skörden, reducera kostnaderna och minska kväve- och fosforförlusterna ge-

nom att anpassa gödslingsstrategier och gödslingsnivåer så att de motsvarar grödans behov med hög precision för varje enskild plats och situation. Vi studerar efterverkan av olika grödor och gödseffekten från olika organiska gödselmedel baserat på karaktärisering av gödselmedlet och tidpunkt och teknik för gödning. Vi kvantifierar också läckage och emissioner vid olika förutsättningar och utvecklar spatiala modeller för reglerande faktorer och mekanismer, vilka kan implementeras i åtgärdsprogram för att minska förlusterna och för att identifiera riskzoner för läckage och gasförluster.

*Digital markkartering och pedometri.* Detta område handlar om att kunna förstå och beskriva variation i marken. Digital kartering betyder att mäta och samla in data till georefererade databaser med viss spatial upplösning. Data härstammar från metoder för fält- och laboratorieanalyser kopplade till miljödata via kvantitativa samband. Digitala data från fjärranalys, proximala mark- och grödsensorer liksom klassisk markkartering kombinerade med positioneringssystem är utgångspunkten. Tekniker för insamlande av sådana fältdata är bl.a. mark, flyg eller satellitburna sensorer för spektral bildanalys och diffus reflektansanalys (t.ex. NIR; nära infraröd spektroskopi), mark- eller flygburna sensorer för mätning av gammastrålning samt markburen sensor för elektrisk konduktivitet. Pedometri innefattar tillämpningen av matematiska och statistiska metoder med ovanstående data för att studera distributionen av marktyper. Målet för pedometrin är att uppnå en bättre förståelse för marken som ett fenomen som varierar över olika skalor i tid och rum.

*Biologisk markkartering.* Detta område fokuserar på att identifiera och kvantifiera markbiologiska faktorer som hämmar grödans tillväxt. Huvudsakligen utvecklas molekylärbiologiska strategier med inriktning mot markbundna patogener. Målet är att utveckla detektionsmetoder, använda

dem för att bestämma förekomst vid olika skadenivåer i grödor samt utveckla prognosmodeller för bedömning av risk för angrepp i olika växtföljder. Fysikaliska och kemiska egenskaper i marken påverkar utbredning av patogener. Förutom klassiska kemiska analyser används olika marksensorer som t.ex. instrument som mäter markens elektriska ledningsförmåga (ECa) för att förklara variation i förekomst och för prognos av angrepp.

Forskningen bedrivs till stor del genom fältstudier och fältförsök och ofta i nära samverkan med näringsliv, myndigheter, olika organisationer och med rådgivningsverksamheten. Det finns också ett omfattande forskningssamarbete såväl nationellt, inom och utom SLU, som internationellt med de nordiska länderna samt bl.a. Skottland och Frankrike.

### **Utbildning**

Under 2010 har precisionsodling och pedometri ansvarat för precisionsodlingsundervisningen för mark/växt-agronomstudenter, dels i en obligatorisk kurs i växtproduktion (30 hp) och dels i kursen ”Marken i odlingen” (15 hp) som är en jordbruksinriktad markkurs på C-nivå som behandlar växtnäringslära, jordbearbetning, hydroteknik, vattenvårdslära och precisionsodling.

Därutöver medverkade olika forskare vid avdelningen också i annan undervisning vid SLU-institutioner samt vid andra högskolor och universitet.

### **Information, samverkan**

Gruppen har under året deltagit i ett antal nationella och internationella seminarier

och konferenser. Varje år arrangeras av avdelningen en tvådagars regional växtodlings- och växtskyddskonferens med målgruppen rådgivare inom organisationer och företag, lärare vid naturbruksgymnasierna, försöksansvariga, lantbrukarrepresentanter med flera intresserade. 2010 deltog ca: 130 personer i konferensen. I slutet av oktober arrangerade avdelningen NJF-seminarium 438 Sensors for soil and plant mapping and terrain analysis i Skara. Seminariet lockade 50 deltagare från sju länder.

Nedan följer ett axplock av nationella sammanhang där gruppen deltagit under 2010.

Växtodlings- och växtskyddskonferens i Uddevalla

Medverkan i Hushållningssällskapens jordbrukardagar på Borgeby och Logården  
Forskare vid avdelningen medverkar i ämnesgrupperna Vattenfrågor, Växtnäring, Odlingssystem, Vall/grovfoder och Jordbearbetning inom FältForsk

Medverkan i olika nätverk såsom Agroväst, Försök i Väst och Svensk Raps  
Fältvandringar på Lanna försöksstation för rådgivare och lantbrukare,

### **Publicering**

Resultaten från gruppens forskning publiceras i vetenskapliga tidskrifter, institutionsrapporter samt populärvetenskapliga artiklar av olika slag. På institutionens hemsida [www.slu.se/mark](http://www.slu.se/mark) finns våra publikationer tillgängliga. Sist i denna rapport finns också en förteckning över avdelningens publikationer 2010.

## Projekt 2010

### ***Förbättrat växtnäringsutnyttjande och minskade växtnäringsförluster***

Målsättningen inom detta område är att skapa kunskap som underlag för förbättrat växtnäringsutnyttjandet i växtodlingen. Gödsling skall kunna anpassas till grödans behov och markens egenskaper efter den variation som finns inom och mellan fält. Det handlar om att utveckla kunskapen om såväl biologiska mekanismer kring omsättning av framför allt organiskt kväve i mark som att hitta metoder och strategier att mäta och prognostisera denna omsättning och dess variationer. Området fokuserar också på att minska växtnäringsförluster och emission av växthusgaser genom anpassade odlingssystem. Fokus vad gäller växtnäringsförluster ligger både på gasformiga kväveförluster och läckage av kväve och fosfor. När det gäller växthusgaser ligger tyngdpunkten på lustgasemissioner och energibalanser. Forskningen är inriktad på att kvantifiera förluster under olika omständigheter samt på att spatialt modellera reglerande faktorer och mekanismer som kan användas för åtgärder samt för att identifiera riskområden.



## Nya mätmetoder för värdering av kväve i organiska gödselmedel

I dagsläget används förutom stallgödsel en rad nya organiska gödselmedel. Dessa består av olika blandningar av bl.a. av restprodukter från livsmedelsindustrin, bl.a. köttmjöl, blodmjöl och en restprodukt vid jästtillverkning. Det vore av stort värde att kunna värdera det organiska kvävet med en standardiserad metod på lab.

### Målsättning

Målsättningen med detta projekt är att föreslå användbara eller utvecklingsbara metoder att värdera gödselmedlens kväveeffekt genom att utvärdera och modifiera ett antal potentiella metoder utifrån deras förmåga att beskriva kväveeffekten i kontrollerade krukförsök.

### Utförande

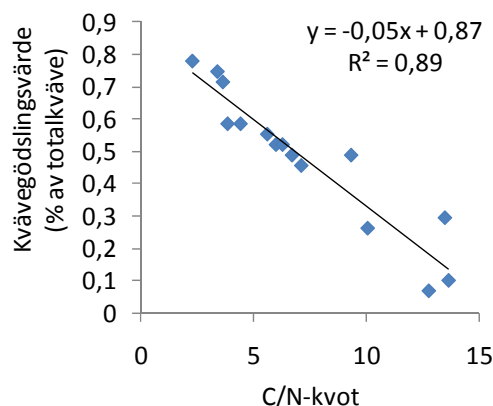
Kväveeffekten av femton olika gödselmedel har testats i krukförsök med rajgräs. Dessutom har de inkuberats och bl.a. analyserats med varmvattenextraktion av kväve, NIR-spektroskopi, aminosyra-kväve och C/N-kvot.

### Resultat

De aeroba inkubationerna visade att det fanns stora skillnader i mineraliserat kväve vid slutet av inkubationen. Kompost, stallgödsel och rötat material hade mycket låg mineralisering, men ibland högt mineralkväveinnehållet vid start, medan färsk material såsom livsmedelsavfall, hade låg mineralkvävemängd från början, och istället en kraftig mineralisering efter att gödseln blandats med jord.

Varmvattenextraherat kväve visade sig inte vara någon bra metod för att uppskatta gödselns kväveeffekt. Alltför liten del av kvävet extraherades från animaliska produkter såsom blod- och fjädermjöl. Ninhydrinreaktivt kväve förväntades spegla mineraliserbart kväve. Aminosyrainnehåll hade endast ett svagt samband med netto-mineraliseringen av kväve. Däremot visade sig C/N-kvoten i gödselmedlen korrelera väl med kvävegödselvärdet hos gödselmedlen (figur 1). Man kunde även se ett samband mellan kvävegödslingseffekten

och NIR, även om datamängden var för liten för att testa detta ordentligt.



**Figur 1. Samband mellan gödslingsvärdet hos gödselmedlens totalkväve i krukförsöken och gödselmedlens C/N-kvot.**

**Tid och plats:** Försöket genomförs 2008 – 2010 i samarbete med Eurofins i Lidköping.

**Finansiering:** SLF

**Kontaktperson:** Sofia Delin 0511-67235  
sofia.delin@slu.se

## Fosforgödslingsseffekt hos olika restprodukter

Fosfor är en begränsad resurs. För lantbrukarna är det viktigt att känna till vilken gödslingsseffekt man kan räkna med från olika produkter, så att grödan får sitt behov tillgodosett och lantbrukaren inte betalar för fosfor som inte har något gödselvärde. Ur miljösynpunkt är det positivt om fosfor kan recirkuleras på ett effektivt sätt istället för att restprodukterna deponeras och fosfor riskerar att läcka till våra vatten, samtidigt som lättlöslig fosfor tillförs ekosystemen genom att ny fosfor bryts från gruvor.

### Målsättning

Syftet med den här undersökningen är att med hjälp av kontrollerade krukförsök uppskatta ettårseffekten av fosfor från ett stort antal restprodukter av olika karaktär och jämföra dessa effekter med analysvärden på gödselmedlen såsom vatten- och citratlösligt fosfor.

### Utförande

Femton gödselmedel testas i krukförsök under två olika pH. Gödselmedel har valts ut för att representera ett brett spektrum av olika restprodukter med högt fosforinnehåll, men också med ett par typer inom varje typ av restprodukt där man misstänker att fosfortillgängligheten kan variera. Det gäller t.ex. rötresten baserade på skilda typer av råvaror, avloppsslam med olika typer av fällningskemikalier i reningsprocessen, askor från olika bränslen samt stallgödsel från vitt skilda djurslag.

### Preliminära resultat

Fosforgödslingsvärdet från de olika restprodukterna tedde sig lite olika beroende på om man bara studerade fosforupptag i en första klippning av gräset i krukförsöken eller om man slog ihop fosforupptaget från två klippningar. Efter första klippningen visade sig rötresterna, kycklinggödseln, draken och havre och vetealmsaska ha den bästa P-effekten på nära 80 % jämfört med mineralgödselfosfor, medan minkgödsel, nötflyt, benmjöl, köttmjöl och aluminium och järnfällda avloppsslam hade medelgod effekt på omkring 50 % effekt. Sämst effekt fick man från rapsalmsaskan och det kalkfällda slammet.

Efter andra klippningen jämnade leden ut sig mera och de flesta produkter visade samma effekt som halv mineralgödselfosfor. Struvit och Vetealmsaska hamnade dock i topp med 80-100 % effekt och kalkfällt slam med sämst effekt på 20 %, beroende på den negativa inverkan som kalk hade på fosforupptaget på den aktuella jorden. P-AL talen höjdes kraftigt i alla led, speciellt då pH höjts. Detta hade inget samband med hur tillgänglig den tillförda fosfor var.



**Tid och plats:** Försöket genomförs 2010 – 2011 på SLU i Skara.

**Finansiering:** SLF

**Kontaktperson:** Sofia Delin 0511-67235  
sofia.delin@slu.se

## Förfrukts- och platsanpassad kvävetillförsel i odling av ekologisk höstraps (*Brassica napus L.*)

Växtnäringsförsörjningen är ofta en nyckelfråga i ekologisk höstrapsodling. Variationen i praktisk gödsling är stor och skördenivåerna varierar samtidigt som kunskapen är liten om behov och lönsamhet av gödslingsinsatser vid olika förutsättningar, t.ex. olika förfrukter. Dessa fältförsök ska undersöka effekten av olika kvävenivåer under olika förutsättningar för att kvantifiera grundskörd, avkastningspotential och kvävebehov i relation till markparametrar.

### Målsättning

Målsättningen med projektet är att undersöka möjligheterna och utveckla metoder för att förfrukts- och platsanpassa kvävetillförsel i ekologisk höstrapsodling. Följande frågeställningar belyses i projektet:

- Hur beror höstrapsens kvävebehov och avkastning av markkvävet tillgänglighet och mineralisering?
- Har tillförsel av kväve till höstraps på hösten eller våren störst betydelse för avkastningen?
- Kan vi utveckla fler verktyg för bestämning av höstrapsens kvävebehov på våren och hösten baserat på de parametrar som används i projektet?

### Utförande

Inom projektet planerades totalt 16 fältförsök, vara åtta försök genomförs 2008-2009 med skörd 2009 och åtta 2009-2010 med skörd 2010. I augusti 2008 valdes 12 försöksplatser i ekologiska fält med höstraps ut runt om i södra Sverige med varierande förfrukts- och markförhållanden. Efter uppkomst var bestånden på åtta av platserna tillräckligt bra för att gå vidare med försöken varav sex till slut skördades. Försöken 2009 låg på Gotland, i Västra Götaland (Lanna och Dingle), Östergötland (tre försök varav ett skördades) och Skåne (Trelleborg och Borrby). Inför 2010 lades åtta försök ut varav sex genomfördes i Skåne (två stycken), Östergötland, Gotland Västergötland och Halland. Försöken gödslades enligt planen med Biofer på hösten (tabell 1). Gödslingen på våren genomfördes med Vinass. Flertalet av försöken scannades med handburen N-sensor i sam-

band med att tillväxten avslutades på hösten och på våren före gödsling.

**Tabell 1. Försöksplan i projektet (D3-0151)**

Led	N kg ha <sup>-1</sup> höst vid sådd	N kg ha <sup>-1</sup> vår i slutet av mars
A.	0	0
B.	0	50
C.	0	100
D.	0	150
E.	0	200
F.	50	0
G.	50	50
H.	50	100
I.	50	150
J.	50	200

## Resultat

Våren 2009 var besvärlig med avseende på angrepp av rapsbaggar även i höstraps. Försöken i norra Götaland drabbades av kraftiga angrepp och skördarna blev mycket låga då rapsen blommade om (tabell 2). Två av försöken i Östergötland slopades innan skörd p.g.a. kraftig ogräsförekomst. Höstgödslingen med 0 eller 50 kg N per ha påverkade inte skördarna i försöken 2009 (tabell 2 och 4). Däremot gav vårgödslingen i flera fall och i medel av alla försöken ett merutbyte (tabell 2 och 4). Provtagningen av mineralkväve i marken i försöken visade på stor variation i kväveinnehåll. Försöken med stora mängder kväve under hösten visade också på stort kväveupptag fram till provtagningen i november

och var också de som sedan avkastade högst.

Den snörika vintern 2009/2010 verkade ha påverkat rapsbestånden till viss del. Försöket på Gotland 2010 skadades av jordloppor (tabell 3). I försöket i Östergötland var plantbortfallet efter vintern stort förutom att klumprotsjuka kan ha orsakat skördebortfall som gav stor variation. Angripna plantor hittades i fältet. Variationen var generellt högre än året innan även i övriga försök vilket visas av höga CV-värden (tabell 3). Detta år var det signifikanta merutbyten både av höst- och vårgödsling (tabell 3 och 4). Under 2011 kommer projektet att slutredovisas och resultaten analyseras tillsammans med de övriga parametrar som kvantifierats i försöken under de båda åren.

**Tabell 2. Fröavkastning (kg ha<sup>-1</sup> vid 9 % vattenhalt) i fältförsöken 2009 i serie D3-0151**

Led	03L012 Borensberg 090817	03L002 Lanna 090818	03L006 Trelleborg 090728	03L008 Dingle 090806	03L007 Borrby 090722	03L005 Hemse 090804
Förfrukt	Ångssvingel	Vall III	Vitklöver		Vitklöver	Betesvall
Jordart	mmh SL	mmh 1 Mo	nmh sa LL		mf 1 Sa	mr mo LL
A. 0 kg N höst, 0 kg N vår	900	600	4070	2270	2570	2820
B. 0 kg N höst, 50 kg N vår	1050	880	3980	2640	2710	2700
C. 0 kg N höst, 100 kg N vår	1170	810	3990	2830	2880	2730
D. 0 kg N höst, 150 kg N vår	1300	1040	4040	3130	3180	2970
E. 0 kg N höst, 200 kg N vår	1670	990	4020	3240	3040	2530
F. 50 kg N höst, 0 kg N vår	820	570	4090	2290	2850	2800
G. 50 kg N höst, 50 kg N vår	1070	680	4120	2530	2850	3100
H. 50 kg N höst, 100 kg N vår	1100	900	3990	2630	2900	2850
I. 50 kg N höst, 150 kg N vår	1390	930	4120	3100	3030	2890
J. 50 kg N höst, 200 kg N vår	1450	1210	3990	3170	3380	2810
CV (%)	19,5	20,4	5,4	4,2	8,5	7,2
p-värde	0,0005	0,0003	0,9840	0,0001	0,0068	0,0441

**Tabell 3. Fröavkastning (kg ha<sup>-1</sup> vid 9 % vattenhalt) i fältförsöken 2010 i serie D3-0151. Adb-nummer, plats samt sådatum respektive skördedatum anges i tabellhuvudet**

Led	03M001 Kristian- stad 090820/ 100728	03M002 Borrby 090827/ 100803	03M004 Gotland 090801/ 100813	03M005 Öster- götland 090815/ 100814	03M007 Logården 090820/ 100816	03M008 Halland 090819/ 100817
<b>Förfukt</b>	Vallträda 14 år	Vitklöver	Slättervall	Ängs- svingel	Gröngöds- lingsvall	Vall II
<b>Jordart</b>	mmh sv l Sa	mf l Sa	nmh ML	mmh ML	mmh ML	mr l Sa
A. 0 kg N höst, 0 kg N vår	1940	1960	550	880	1350	2040
B. 0 kg N höst, 50 kg N vår	2290	2310	380	1210	1780	3250
C. 0 kg N höst, 100 kg N vår	2880	2420	450	910	1740	3150
D. 0 kg N höst, 150 kg N vår	3200	2670	490	1200	2150	2780
E. 0 kg N höst, 200 kg N vår	3660	2450	490	1460	2130	2940
F. 50 kg N höst, 0 kg N vår	2520	2160	750	1020	1520	2640
G. 50 kg N höst, 50 kg N vår	2820	2410	610	1320	1880	3110
H. 50 kg N höst, 100 kg N vår	3060	2350	620	1040	2040	3890
I. 50 kg N höst, 150 kg N vår	3580	2330	670	1210	2010	3500
J. 50 kg N höst, 200 kg N vår	3690	2840	830	1510	2320	3670
CV (%)	7,0	12,6	29,5	44,7	15,4	16,6
p-värde	0,0001	0,0252	0,0531	0,7288	0,0026	0,0154

**Tabell 4. Fröskörd (kg ha<sup>-1</sup> vid 9 % vattenhalt), råfettskörd (kg ha<sup>-1</sup>) och kväveskörd (kg N ha<sup>-1</sup>) som medel 2009 och 2010 samt medel av alla 12 försöken respektive som medel av 10 av de 12 försöken (försök 03M004 och 03M005 uteslöts p.g.a. mycket höga CV-värden) i serie D3-0151 2009 och 2010. Analysen är gjord tvåfaktoriellt med Mixed procedure i SAS 9.2. T-test vid p=0,05 använt vid parvisa jämförelser**

	Frö- skörd medel 2009 (n=6)	Frö- skörd medel 2010 (n=4)	Frö- skörd (n=12)	Fett- skörd (n=12)	Kväve- skörd (n=12)	Frö- skörd (n=10)	Fett- skörd (n=10)	Kväve- skörd (n=10)
F1: 0 kg N höst	2430a	2462a	2175a	956a	63,7a	2443a	1079a	70,6a
F1: 50 kg N höst	2450b	2701b	2288b	1004b	67,9b	2552b	1124b	74,8b
F2: 0 kg N vår	2220a	2021a	1924a	868a	52,9a	2148a	971a	58,4a
F2: 50 kg N vår	2370b	2458b	2152b	954b	61,9b	2403b	1071b	68,2b
F2: 100 kg N vår	2400b	2670bc	2217bc	978bc	64,8bc	2506bc	1111bc	72,3c
F2: 150 kg N vår	2560b	2788cd	2378d	1033d	72,1d	2670d	1166d	80,1d
F2: 200 kg N vår	2620c	2971d	2487d	1068d	77,1e	2760d	1191d	84,4e
F1	0,5163	0,006	0,0018	0,0021	0,0009	0,0035	0,0058	0,0009
F2	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
F1*F2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

**Tid och plats:** 2008 - 2010.

**Finansiering:** SLU Ekoforsk

**Kontaktperson:** Maria Stenberg 0511-67274, [maria.stenberg@slu.se](mailto:maria.stenberg@slu.se) och Lena Engström 0511-67141, [lana.engstrom@slu.se](mailto:lana.engstrom@slu.se).

Projektet genomförs i samarbete med Ann-Charlotte Wallenhammar, HS Konsult AB, Ingemar Gruvaeus, Lantmännen SWSeed AB, samt Per Ståhl, Hushållningssällskapet Rådgivning Agri.

## **Optimal kvävegödsling på våren till höstraps i relation till kväveupptag på hösten, kvävemineralisering under växtsäsong och skörd**

Höstrapsbestånden i Sverige varierar mycket med avseende på biomassans storlek på hösten och följaktligen även med kväveinnehållets storlek. Ett stort kväveupptag på hösten kan exempelvis bero på att man tillfört stallgödsel innan sådd av rapsen. Pågående studier i Sverige visar att man med ökad kvävegiva vid sådd av raps kan minska vårgivan utan att skörden avtar. Detta tyder på att det finns ett negativt samband mellan kväveupptag på hösten och optimal kvävegiva på våren, vilket också franska och tyska studier tidigare har bekräftat. Studier av hur variationen i höstrapsens kväveupptag under hösten påverkar det optimala kvävebehovet på våren saknas dock i Sverige och skulle kunna svara på om och hur man ska anpassa vårgivan utifrån kväveupptaget på hösten. En väl anpassad vårgiva till höstraps skulle bidra till ett bättre kväveutnyttjande och minska riskerna för N-förluster efter höstrapsen.

Kvävemineraliseringen eller mer generellt markkvävetillgången under vår och sommar (växtsäsongen) kan också vara stor, speciellt på djurgårdar efter stallgödsetillförsel eller efter goda förfrukter (t.ex. ärter), och påverka optimal kvävegiva på våren. Dessutom kan tillgängligt kväve under hösten, som bara delvis tagits upp av rapsen, finnas kvar på våren, och kväve från frostskadade och nedvissna blad kan delvis utnyttjas under våren.

Ökad fröskörd kräver mer kväve enligt gällande gödslingsrekommendationer. Frågan är hur starkt detta samband är och om det kanske överskuggas av kväveupptaget på hösten och markkvävetillgången på våren och sommaren. Genom regressionsanalys av våra resultat i dessa avseenden kan betydelsen för N-optimum av de tre faktorerna: kväveupptag på hösten, kvävemineralisering under växtsäsongen och skörd, kvantifieras och läggas till grund för N-gödslingsrekommendationer.

För att undersöka hur höstrapsens N-upptag på hösten, markkvävetillgången under växtsäsongen och skördenivån påverkar optimal kvävegiva på våren utförs fältförsök med stegvis stigande kvävegivor på våren, utlagda i höstraps med varierande kväveupptag på hösten under 2010-2012.

### **Målsättning**

- 1) Beskriva hur storleken på höstrapsens kväveupptag under hösten påverkar den ekonomiskt optimala N-gödslingen på våren
  - 2) Beskriva hur upptaget av markkväve under våren och försommaren (här: markkvävetillgången till avslutad blomning) påverkar N-optimum
  - 3) Beskriva hur grödans avkastningspotential påverkar N-optimum.
  - 4) Beskriva betydelsen för N-optimum av faktorerna 1-3 i förhållande till varandra.
- Syftet är att bidra till en väl anpassad kvävegiva på våren till höstraps, vilket ger ökat kväveutnyttjande och minskade förluster i efterkommande gröda.

### **Försöksutförande**

Fyra försök i Skåne och två i Västergötland utförs under 2011/2012 och även under 2012/2013, dvs. totalt 12 försök. Försöken anläggs i befintliga höstrapsgrödor, dels sådana som är kraftigare än normalt dvs. med mer än 40-50 kg N/ha upptaget på hösten, och dels i bestånd med normalt och

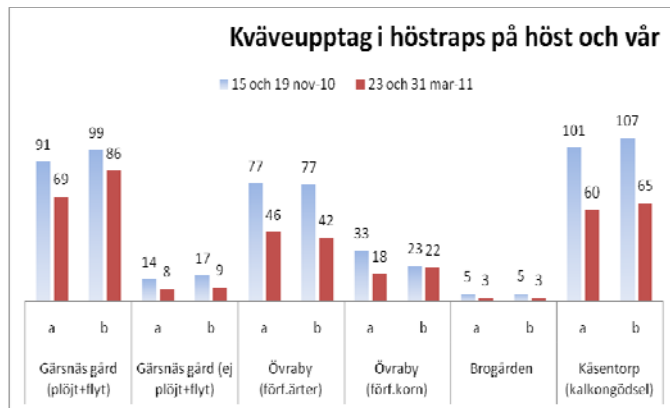
mindre kväveupptag än normalt. I försöken tillförs stigande N-givor på våren (0-180 kg N/ha i kraftiga bestånd och 0-220 kg N/ha i svagare och normala bestånd), i fyra block i varje försök. Kvävet på våren tillförs vid allmänt rekommenderade tidpunkter. På senhösten provtas höstrapsen inom fyra rutor à 1 m<sup>2</sup> för bestämning av kväveupptaget. Denna provtagning upprepas

tidigt på våren, innan ny grönska uppkommit, vilket i jämförelse med höstens resultat bl.a. visar förluster av kväve från blasten under vintern och därmed utgångsläget för vårens tillväxt. Vid avslutad blomning på försommaren bestäms höstrapsens N-innehåll i de ovanjordiska växtdelarna i försöksledet utan N-gödsling på våren (0 N). Detta kväveinnehåll minus mängden i blasten tidigt på våren är ett uttryck för upptaget av markkväve alltsedan tidigt på våren. Vid mognad skördas alla försöksrutor för bestämning av fröskörden och för beräkning av optimal skörd och N-gödslingsnivå.

### Resultat och utfört försöksarbete

Hösten 2010 (i november) lades fyra fältförsök med höstraps ut i Skåne och två i

Västergötland. I försöken provtogs samtidigt grödan på ovan angivet sätt, varefter ts-produktion och N-upptag bestämdes. Resultaten från kvävebestämningarna i dessa prover framgår av figur 1. Genom att försöken hade placerats i bestånd med starkt varierande tillväxt på hösten, kom N-innehållet i blasten att variera från som lägst 5 kg N/ha till som högst drygt 100 kg N/ha. Detta bör ge ett bra utgångsläge för att i försöken bestämma inverkan av N-upptaget och tillväxten under hösten på de optimala N-givorna på våren. Provtagningen upprepades på alla platserna i mars 2011. Det mesta av blasten var då i allmänhet nedvissnat, men bestånden bedömdes att ha övervintrat bra.



Figur 2. Kväveupptag i höstraps på senhösten (kg N/ha) i fyra försök i Skåne (Gärnsnäs och Övraby) och två i Västergötland (Brogården och Kåsentorp).



Figur 3. Provyta i höstraps 2010-11-15 på Österlen, Skåne.

**Tid och plats:** Försöket genomförs under 2011-2013.

**Finansiering:** Stiftelsen Svensk Oljeväxtforskning och Stiftelsen Lantbruksforskning.

**Kontaktperson:** Lena, Engström, [lena.engstrom@slu.se](mailto:lena.engstrom@slu.se)

**Övriga projektdeltagare:** Knud Nissén, Lantmännen AB och Börje Lindén, docent och pensionerad forskningsledare på SLU.

## **Utlakning av kväve vid olika gödslingsintensitet vid odling av stråsäd**

**Stora insatser läggs på att informera lantbrukare om att de ska behovsanpassa sin kvävegödsling för att begränsa nitratutlakningen. För att begränsa nitratutlakningen krävs dock bättre kunskap om hur den påverkas vid olika gödslingsnivåer relaterat till grödans kväveupptag, både över och under ekonomiskt optimum.**

### **Målsättning**

Målsättningen är att få en bättre bild av hur gödslingen påverkar utlakningen i relation till grödans kväveupptag. Detta för att ge ett bättre underlag till de utlakningsmodeller som ligger till grund för de regler och rekommendationer som utfärdas till lantbrukare.

### **Utförande**

Fem ettåriga gödslingsförsök med stigande kvävegivor genomförs i havre, varav tre på lättjord (Götala, Skara) under åren 2007-2009 och två på lerjord (Lanna, Lidköping) under åren 2009-2010. Försöken på lättjord sker i försöksrutor som försetts med sugceller för provtagning av markvatten. Försöken på lerjord sker i separat dränerade försöksrutor med flödesproportionell provtagning. I försöken testas olika gödslingsgivor med utgångspunkt för normal gödslingsnivå för havre på den aktuella försöksplatsen.

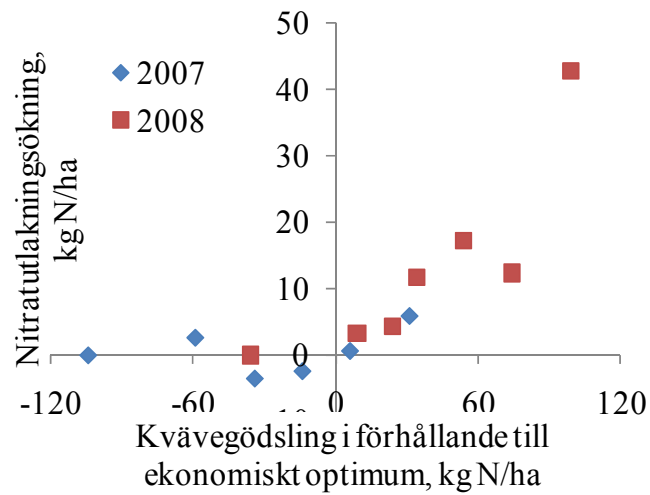
### **Preliminära resultat**

Från försöken på lätt jord finns preliminära resultat från 2007 och 2008 (Figur 4). År 2007 erhöles en ekonomiskt optimal kvävegiva på 104 kg N ha<sup>-1</sup> vid beräkning utifrån skörderesponskurvan och en priskvot mellan gödselkväve och spannmål på 10. Andra året, 2008, gödslades försöket efter uppkomst som följdes av veckor med torr väderlek. Detta innebar dålig skörderespons. Ekonomiskt optimal kvävegiva vid den gödslingstidpunkten blev 36 kg N ha<sup>-1</sup>.

I försöket 2007 blev utlakningen högst i det led som fått delad giva, då andra givan följes av torka och därmed dåligt utnyttjande. Utlakningen skilde för övrigt mycket lite mellan leden, men var något högre i det högst gödslade ledet (figur 4). Utlakningen 2008 steg däremot kraftigt med

ökad gödslingsnivå. De preliminära resultaten tyder på små skillnader i utlakning under ekonomiskt optimum (figur 4), men slutsatser bör dras först då data från ytterligare år finns. Minimum för utlakning för dessa båda år låg på ungefär samma nivåer som minimum för restkvävemängderna i marken efter skörd, vilket enligt anpassade andragradspolynom sammanföll med de gödslingsnivåer som gav en skördeökning kring 15 kg kärna per tillsatt kg N.





Figur 4. Kväveutlakning utöver utlakning i ledet utan gödsling, över och under ekonomiskt optimal kvävegiva.

**Tid och plats:** Försöket genomförs på Götala och Lanna försöksstationer 2007-2011.

**Finansiering:** SLF

**Kontaktperson:** Sofia Delin 0511-67235; [sofia.delin@slu.se](mailto:sofia.delin@slu.se)

## **Nitratutlakning efter olika spridningstidpunkter av flytgödsel till vall**

**Reglerna för spridning av stallgödsel har nyligen setts över av EU, och man vill ha strängare regler för spridning av stallgödsel på hösten för att begränsa risken för nitratutlakning.**

### **Målsättning**

Syftet med försöket är att undersöka effekten av olika spridningstidpunkter av flytgödsel i vall på framför allt nitratutlakning, men även på skörd, kvalitet och kvävedynamik.

### **Utförande**

Nitratutlakningen studeras i två försök med vall och tre olika spridningstidpunkter av nötflytgödsel, tidig höst, sen höst och tidig vår. Försöken är placerade på Götala försöksstation och utlakningen mäts m.h.a. sugceller. Ett försök såddes in 2009 och det andra 2010. Försöken innehåller block med ren gräsvall och med blandvall med både gräs och klöver för att kunna studera klöverns betydelse för kvävedynamiken.



**Tid och plats:** Försöket genomförs 2009 – 2013 på Götala försöksstation.

**Finansiering:** Jordbruksverket

**Kontaktperson:** Sofia Delin 0511-67235 [sofia.delin@slu.se](mailto:sofia.delin@slu.se)

## **Emissioner av kväve i gasform från lerjord beroende av tidpunkt för jordbearbetning**

Kväve i markprofilen som mineraliseras under hösten riskerar att gå förlorat både genom utlakning och genom gasformiga förluster. Oftast ackumuleras det mineraliserade kvävet i marken under hösten. I ett försök på lerjord på Lanna under åren 1998-2006 kunde man inte se någon ackumulering av kväve vid provtagning i november utan kvävet hade troligen huvudsakligen försvunnit via emissioner till luften. Under 2009 startade mätningar av lustgasemissioner från tidig och sen höstplöjning samt från ett plöjningsfritt led.

### **Målsättning**

I projektet skall vi mäta emissionen av lustgas ( $N_2O$ ) från lerjord beroende av strategi för jordbearbetning på hösten. Målet är att kunna ge rekommendation för ett optimalt brukande av våra lerjordar där hänsyn tas till såväl ekonomiska som miljömässiga aspekter. Mätningarna görs kontinuerligt i nyanlagda ytor (figur 5 och 6) och under emissionsperioder även med manuella kammare i ett långliggande försök (figur 5 och 6). Coup-modellen skall sedan användas för att simulera emissioner för dagens och framtidens klimat.

### **Utförande**

Tidig höstplöjning ger ofta kraftigt förhöjda halter av nitrat i marken. Studier i det långliggande försöket R2-8408 tydde på att detta kväve under blöta, i västra Sverige normala förhållanden, troligen avgår genom emissioner av gasformiga kväveföreningar som lustgas ( $N_2O$ ) eller kvävgas ( $N_2$ ) (Myrbeck et al., 2011). Därmed förloras kväve från odlingssystemet som annars hade kunnat komma en efterföljande gröda tillgodo. Om dessa förluster sker i form av lustgasemission orsakas negativ miljöpåverkan då lustgas är en mycket kraftig växthusgas.

I försöket på Lanna jämför vi sedan 1997, förutom tidpunkten för höstbearbetning, även plöjningsfri odling med konventionella system. Tio led jämförs i tre block (Stenberg, 2010). Under 1997-2005 studerades mineralkvävedynamiken och innehåll av kväve i grödorna i försöket (Stenberg et al., 2005). Senarelagd plöjning har i försöket tenderat att orsaka minskad avkastning och därmed sämre kväveutnyttjande (Myrbeck et al., 2011). Trenden har förstärkts över åren. Provtagningar av mineralkväve tidigare år visade att kväve som ackumuleras i profilen under hösten efter tidig höst

plöjning under normala och blöta år försvinner från profilen men ej genom utlakning utan troligen genom emissioner till luften.

Från och med hösten 2006 förändrades försöksplanen genom att ett led med Cikoria som fånggröda slopades, i led med stubbearbetning följt av plöjning slopades plöjningen och led med ytlig bearbetning (Carrier) lades till. Halmen lämnas kvar i alla led utom B och D. Mätningar av lustgasemissioner görs i led A, C och J med manuella kammare (figur 5). Försöksplanen heter nu R2-8418 (tabell 6). Resultat fram till 2006 finns bl.a. redovisade i Stenberg (2010).

### **Resultat**

Trenden med lägre avkastning efter senarelagd plöjning har fortsatt efter år 2006 (tabell 5). Avkastningen var låg i leden med stubbearbetning fram till 2009. Delvis kunde det förklaras med ökande förekomst av kvickrot i försöket så hela försöket behandlades med glyfosat hösten 2009. Även led E och F med ytlig bearbetning på våren avkastade mycket lågt. Denna trend ändrades dock 2010 då leden bearbetade med Carrier på våren avkastade mest (tabell 5).

**Tabell 5. Försöksplan försök R2-8418 och skörd (kg/ha och relativtal) 2007-2009. Under 1997-2006 hette försöksplanen R2-8408. I led E-I ändrades ledvisa åtgärder från och med hösten 2006 (skördeår 2007) jämfört med plan R2-8408 (Myrbeck et al., 2011); Stenberg et al., 2005; Stenberg, 2010)**

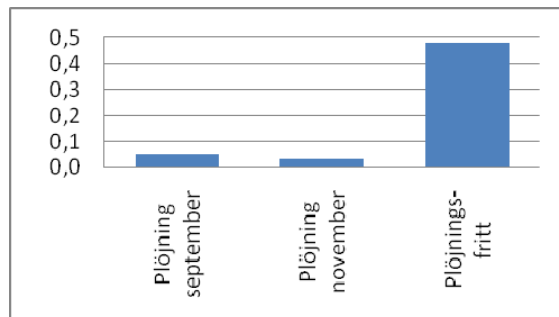
Jordbearbetning	Havre 2007	Vårvete 2008	Vårkorn 2009	Havre 2010	Medel 2007-2010
A. Tidig höstplöjning, halm nedbrukas	100	100	100	100	100
B. Tidig höstplöjning, halm bortförs	108	90	107	92	99
C. Sen höstplöjning, halm nedbrukas	94	87	102	92	94
D. Sen höstplöjning, halm bortförs	96	89	80	91	89
E. Carrier tidig vår, halm nedbr., fånggröda eng. rajgräs	43	73	50	111	69
F. Carrier tidig vår, halm nedbrukas	76	73	36	101	72
G. Stubbearbetning 1.9, halm nedbrukas	99	37	59	98	73
H. Stubbearbetning 25.9, halm nedbrukas	88	47	64	89	72
I. Carrier 1.9 o 25.9, halm nedbrukas	105	41	77	94	79
J. Stubbearbetning 1.9 + 25.9, halm nedbrukas	105	68	78	90	85
Signifikans	***	***	***	*	-

Mätningar i det långliggande försöket den första hösten visade på måttliga emissioner av lustgas från de plöjda leden, mindre än 0,05 kg N<sub>2</sub>O-N per ha beräknat över en period på ca 1,5 månad (figur 5). Däremot var emissionerna högre från det plöjningsfria ledet (J), nästan 0,5 kg N<sub>2</sub>O-N per ha. Så höga emissioner under en kort period

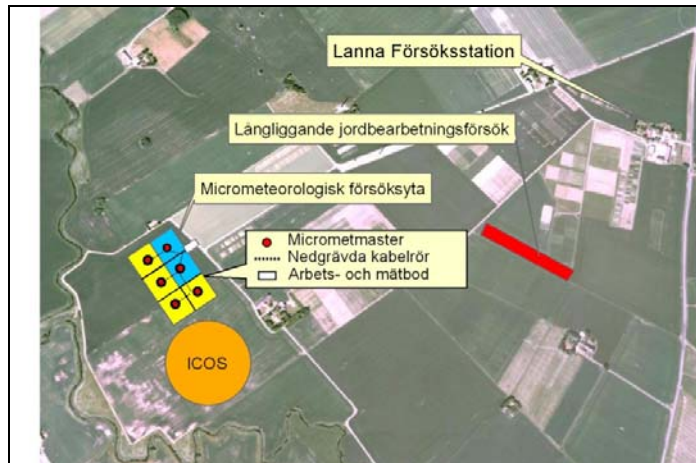
skulle kunna tyda på att emissionerna över ett helt år blir högre än vad man generellt räknar med. Variationen i uppmätta emissioner var dock stor och skillnaderna mellan leden var inte signifikanta. De fortsatta mätningarna 2010-2011 kommer att redovisas senare.



**Figur 5. Utrustning för gradient-teknik samt uppsamling av gas från fältkammare (foto: Leif Klemedtsson och Stellan Johansson).**



**Figur 6. Ackumulerade lustgasemissioner (kg N<sub>2</sub>O-N ha<sup>-1</sup>) uppmätta i led A, C och J (tabell 1) i försök R2-8418 under perioden 16 september till 29 oktober 2009.**



**Figur 7. Skiss över Lanna försöksstation med placering av fältförsöken och mätutrustningen.**

**Tid och plats:** Projektet genomförs 2009-2011 i ett långliggande fältförsök på Lanna och i nya ytor för kontinuerliga mätningar, även de på Lanna.

**Finansiering:** SLF

**Samarbete:** Mätningar och utvärderingar görs i samarbete med Leif Klemedtsson, Åsa Kasimir Klemedtsson, Per Weslien, Josefine Nylinder och Tobias Rütting, Inst. för växt- och miljövetenskaper, Göteborgs Universitet, samt Per-Erik Jansson, KTH.

**Kontaktpersoner:** Maria Stenberg, 0511-67274, SLU, [maria.stenberg@slu.se](mailto:maria.stenberg@slu.se)  
Åsa Myrbeck, 018-671213, [asa.myrbeck@slu.se](mailto:asa.myrbeck@slu.se).

**Referenser:**

- Myrbeck, Å., Stenberg, M., Arvidsson, J., Rydberg T. 2011. Effects of autumn tillage of clay soil on mineral N content, spring cereal yield and soil structure over time. Manuscript submitted to European Journal of Agronomy.
- Stenberg, M. 2010. Emissioner av kväve i gasform från lerjord beroende av tidpunkt för jordbearbetning. I: Lundström, C. (red.). *Precisionsodling 2009 – Precisionsodling och pedometri*. *Precisionsodling 2010*:1.
- Stenberg, M., Myrbeck, Å., Lindén, B., Rydberg, T. 2005. Inverkan av tidig och sen jordbearbetning under hösten på kvävemineraliseringen under vinterhalvåret och på utlakningsrisken på en lerjord. SLU, Skara. Avd. för precisionsodling. Rapport 3.
- Stenberg, M., Rütting, T., Weslien, P., Myrbeck, Å., Wetterlind, J., Nylinder, J., Kasimir Klemedtsson, Å., Klemedtsson, L. 2010. Nitrous oxide emissions from a clay soil depend on timing of autumn mouldboard ploughing. 19<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. *Soil Solutions for a Changing World*, Brisbane, Australia 1–6 August 2010. Congress Symposium 4. pp. 176-178. Published on DVD.

## **Ett integrerat miljö- och produktionsindex för fosfor (EPI)**

En optimal hantering av problematiken rörande läckage av fosfor från åkermark samt behovet av att tillföra erforderlig mängd näring för att uppnå en för bonden lönsam produktion kräver att dessa frågor behandlas integrerat. I det här projektet kommer produktions- och miljökrav för fosfor att kombineras genom en praktiskt användbar strategimodell för fosforgödsling som både innefattar miljöeffekter och ekonomisk optimering.

### **Målsättning**

Det övergripande målet med detta projekt är att utveckla precisionsodlingskonceptet och den använda behovsberäkningen så att både ekonomiska mål och miljömässiga riskfaktorer kan kombineras i ett miljö- och produktionsindex för fosfor. Modellen ska kunna appliceras platsspecifikt så att man ska kunna närma sig maximal uthållighet i konventionellt jordbruket. Beräkningar och tolkning av data genomförs med syfte att undersöka fosfortillförseln i relation till inomfältvariation av markkemi, textur, topografi och lutning minskar fosforförlusterna från jordbruksmarken.

### **Utförande**

Två gårdar med höga fosforförluster och varierande förhållanden på fälten utnyttjas. Den ena är Logården, Grästorps med struktursvag mellanlera, den andra är Hacksta gård vid Enköping med styvare lera. Ett miljö- och produktionsindex (EPI) för fosfor som kan användas som beslutsunderlag tas fram och testas baserat på fältundersökningar (jordprovtagning, utvärdering av skördekartor och sensormätningar). Det svenska P-index (PI-S) som utvecklats av Djodjic & Bergström (2005) används för att bedöma risken för P-förluster. Under två år gödslades två-fält enligt nuvarande P-rekommendationer från Jordbruksverket, några fält var ogödslade med avseende

på P, medan ett par fält gödslades enligt en strategi som utvecklats i detta projekt.

Denna strategi bygger på PI-S, men är avsevärt förenklad. Faktorer för att bedöma risken för P-förluster var: DPS (grad av P-mättnad i marken) lokal marklutning (höjddata från dikningskartan) och växttillgänglig P i alven (P-AL<sub>lv</sub>). Dessa kombinerades med växttillgängligt P i matjorden (P-AL) och förväntad lokal avkastning i samarbete med Karin Blombäck, SLU startade arbete med att utnyttja projektets insamlade data på Logården för att försöka använda fosforläckagemodellen Icecream för att testa simulering av läckage i olika situationer. Projektet slutredovisas 2011.

**Finansiärer:** SLF

**Kontaktperson:** Mats Söderström, SLU (projektledare), [mats.soderstrom@mark.slu.se](mailto:mats.soderstrom@mark.slu.se)

**Övriga projektdeltagare:** Barbro Ulén, Maria Stenberg och Bo Stenberg, SLU



## Identifiering av kritiska källområden och transportvägar för fosfor

Diffusa förluster av P från jordbruksmark är ett stort miljöproblem. En viktig orsak är att man inte betraktar små hydrologiskt aktiva källområden i landskapet, vilka möjliggör snabb transport av P till ytvatten. I detta projekt kommer vi att använda en konceptuell hydrologisk modell tillsammans med modern sensorteknik för att identifiera sådana källområden och dominerande flödesvägar för P till ytvatten.

### Målsättning

Vi vill utveckla och testa ett riskverktyg för att identifiera de dominerande källområdena och transportvägarna för fosfor i landskapet. Vår hypotes är att såväl kritiska källområden som viktiga transportvägar kan förutses med avancerad fjärranalys, markburna sensorer och hjälpvariabler baserade på hydrologisk vetenskap och enkla modeller.

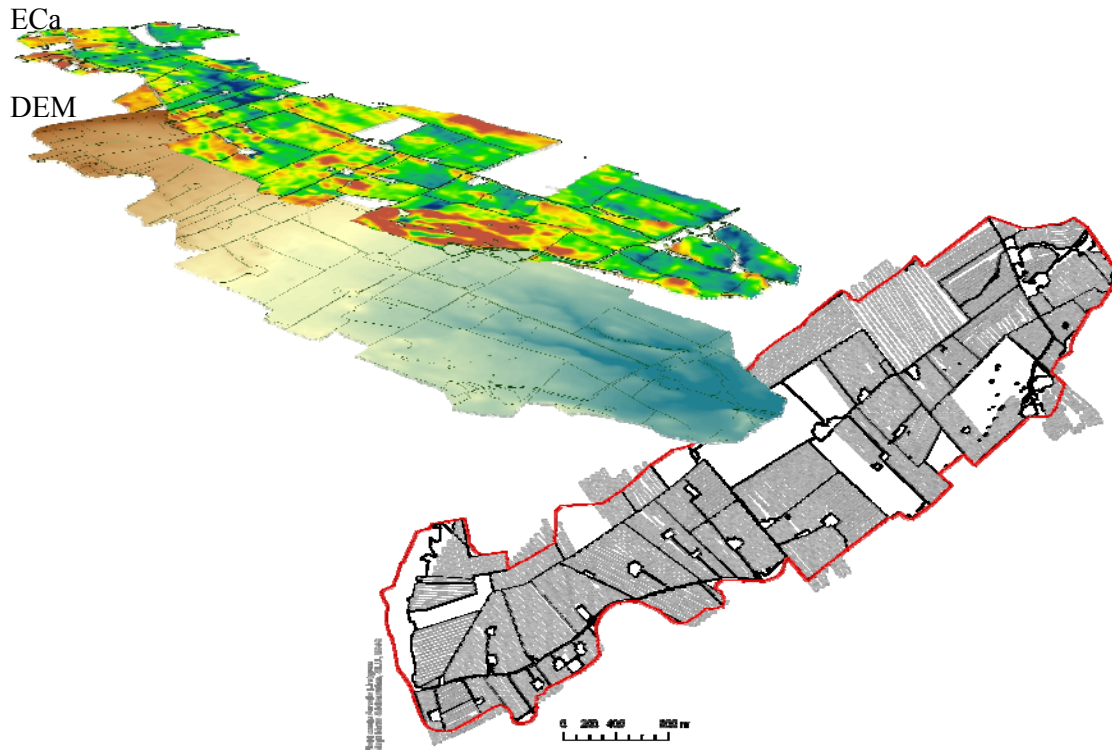
### Utförande

Det treåriga projektet startade under 2010 och ett omfattande fältmättningsarbete genomfördes inom ett jordbruksdominerat dräneringsområde på Varaslätten. Med avsikt att skapa ett underlag för att i detalj kartera jordartsvariationer i det ca 700 ha stora området har kontinuerlig mätning med ett antal sensorer gjorts (Figur 8).

Mätdata har hittills samlats in i ca 250 000 punkter (Figur 9). Mätdata från gammastrålningen (som normalt är relaterat till matjordens lerhalt och modermaterial), EM38 (integrerade mätdata över två djup, ca 0-75 cm resp. 0-150 cm) samt relativ höjd har bearbetats och är under sammanställning (Figur 9). Dessa mätdata tjänade som underlag för positionering av jordprover som togs under hösten 2010 på tre djup i 50 provpunkter.



Figur 8. Datainsamling har gjorts med gammastrålningsmätare (med instrumentet Mullvaden (the Soil Company, Groningen, Holland) – monterat fram på en fyrhjulig motorcykel), mätning av markens elektriska konduktivitet (ECa) (med EM38 MK2-2 (Geonics Ltd., Mississauga, Kanada) – släpas efter samma fordon) samt RTK-GPS (position och relativ höjd – utrustning monterat på fordonet, inte som på det lilla fotot).



Figur 9. Område som täckts av fältmätningen i Uvered visas i kartan nere till höger. I de två kartorna som visas i perspektiv från sydost kan man i den undre se en höjdmodell (DEM) medan den övre visar ECa-variation (brun-orange är lägst värden och blågrönt högst) för markens översta 75 cm.

**Finansiärer:** SLF (2010-2012)

**Kontaktperson:** Lars Bergström, SLU, [lars.bergstrom@slu.se](mailto:lars.bergstrom@slu.se)

**Övriga projektdeltagare:** Faruk Djodjic, Nicholas Jarvis, Katarina Kyllmar, Kristin Pikki, Bo Stenberg, Mats Söderström, Barbro Ulén, Johanna Wetterlind



### ***Digital markkartering och pedometri***

Digital markkartering handlar om att skapa och samla in data till georefererade databaser med en viss spatial upplösning. Data härstammar från metoder för fält- och laboratorieanalyser kopplade till miljödata via kvantitativa samband. Digitala data från fjärranalys, proximala mark- och grödsensorer liksom klassisk markkartering kombinerade med positioneringssystem är utgångspunkten. Tekniker för insamlande av sådana fältdata är bl.a. mark, flyg eller satellitburna sensorer för spektral bildanalys och diffus reflektansanalys (t.ex. nära infraröd spektroskopi; NIR), mark- eller flygburna sensorer för mätning av gammastrålning samt markburen dito för elektrisk konduktivitet. Genom trådlösa sensornätverk kan man även genomföra effektiv datainsamling med syfte att studera variationen i tiden.

Pedometri innefattar tillämpningen av matematiska och statistiska metoder på ovanstående data för att studera distributionen av marktyper. Målet för pedometrin är att uppnå en bättre förståelse för marken som ett fenomen som varierar över olika skalor i tid och rum. Utan denna förståelse blir det inte bara omöjligt att anpassa odlingen till förutsättningarna på varje enskild plats och i varje enskilt bestånd utan den är också en förutsättning för vetenskaplig värdering av marken och de agrara, ekologiska och hydrologiska system den är en del av.

## **Tredimensionell markkartering**

Markens vatteninnehåll påverkar inte bara grödans tillväxt och utveckling. Bördighet och miljöpåverkan beror också - genom flera processer - på fuktigheten. Kväve mineralisering, patogenförekomst, växtnäringsläckage och lustgasavgång är exempel på processer som påverkas av markfukten. För att göra digitala kartor över markens fuktighet och dess förändring över tiden behövs kunskap om markens fysikaliska egenskaper inte bara i matjorden utan även i alven, d.v.s. i tre dimensioner. Nu pågår ett projekt på Institutionen för mark och miljö vid SLU, Skara, som syftar till att ta fram en tredimensionell jordartsmodell baserat på data från olika typer av sensorer samt andra högupplösta geografiska data. Baserat på den tredimensionella jordartsmodellen ska det utvecklas en modell för interpolering av markvatten mellan markvattenövervakning på ett fåtal punkter i fältet.

### **Målsättning**

Projektet ska ta fram strategier för hur mätdata från olika typer av sensorer samt andra geografiska data kan integreras och kalibreras mot jordprover för tredimensionell markkartering, dvs kartering av både matjord och alv. Projektet syftar också till att utveckla en metod för interpolering av markfuktigheten baserat på den tredimensionella jordartsmodellen samt enkla väderobservationer och markvattenövervakning i ett fåtal punkter.

### **Utförande**

Man kan kostnadseffektivt samla in stora mängder data från ett fält genom att använda olika typer av sensorer, som indirekt mäter de variabler man är intresserad av. Data från dessa sensorer kalibreras sedan mot de eftersökta variablerna (exempelvis lerhalt) med multivariata metoder. I projektet används en sensor för elektrisk ledningsförmåga och en sensor för gammastrålning. Även andra geografiska data ingår: ett flygfoto vid barmark samt topografiska data inmätta med RTK-GPS.

Ett fält med utpräglad jordartsvariation både horisontellt och på djupet (Bjertorp, skifte 10) valdes ut för studier inom projektet. Referensprover för kornstorleksfördelning, mullhalt, porositet och vissningsgräns har tagits på tio punkter  $\times$  sju djup (0-70 cm). Under fältsäsongerna 2009-2010 övervakades markfukten med ett trådlöst sensornätverk. Sensorer installerades på tio punkter  $\times$  tre djup. Sensorer för regn, luftfuktighet, temperatur och ljusin-

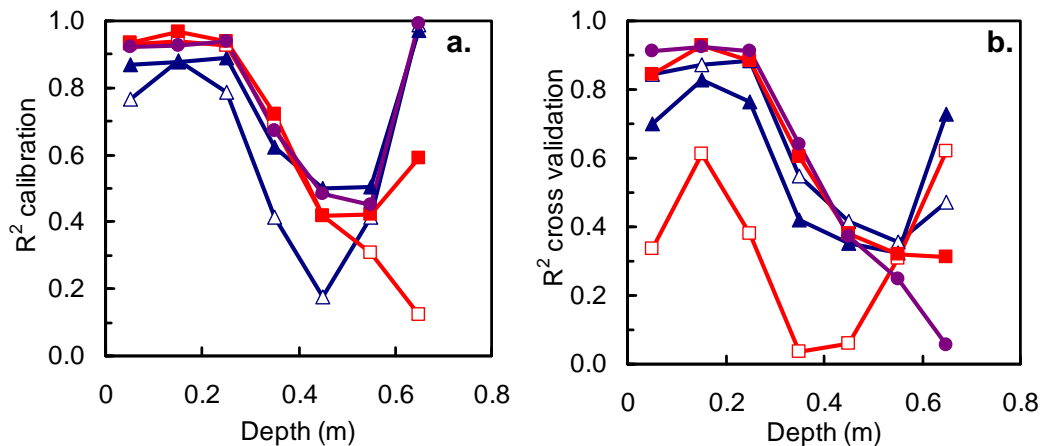
strålning ingick också i det trådlösa nätverket.

Datansamlingen har fungerat bra och det teoretiska arbetet har påbörjats. Preliminära multivariata modeller för att prediktera lerhalt utifrån olika kombinationer av sensordata och andra geografiska data har kalibrerats för de sju 0.1 m intervallen ner till 0.7 m djup (se resultat nedan). Under 2011 ska antalet referensprover utökas för att ge säkrare kalibreringar och möjlighet till validering med oberoende dataset.

### **Preliminära resultat**

De preliminära resultaten visar att det går att ta fram godtagbara prediktionsmodeller för lerhalt i matjorden och även relativt bra modeller för lerhalten i lagret på 60-70 cm djup (Figur 10). Det sistnämnda beror dock troligen inte på att kalibreringen fungerar bra för just det här 10 cm tjocka lagret utan snarare på att jordarten på ett större djup avspeglas i jordproverna från det här

djupet. Eventuellt skulle ytterligare data från sensormätningar med ytligare responskurvor kunna bidra till bättre prediktionsmodeller även på de mellanliggande djupen. Instrumentet för mätning av elektrisk ledningsförmåga kan höjas över marken och påverkas då av ytligare lager. Man kan även tänka sig att mäta penetrationsmotståndet i djupled för att få en uppfattning om över vilka djup de ytliga respektive djupa kalibreringarna är representativa i varje punkt av fältet.



Figur 10. Utvärdering av prediktionsmodeller för lerhalt. Prediktioner har gjorts för varje 0.1m intervall ner till 0.7 m djup och baseras på fem olika uppsättningar av sensordata samt andra geografiska data (flygbild och höjddata) a)  $R^2$  värden mellan predikterade och mätta värden i kalibreringsdatasetet, b) motsvarande korsvalideringar.

**Tid och plats:** Projektet genomförs 2009-2011 med fältmätningar på Bjertorp 2009 och 2010.

**Finansiering:** Lönedel - SLU, Jordanalyser - POS

**Kontaktperson:** Kristin Piikki, 0511-67222; [kristin.piikki@slu.se](mailto:kristin.piikki@slu.se)

## Platsspecifik snabbbestämning av skördebegränsande markfysikaliska egenskaper

För att det skall vara möjligt att framgångsrikt anpassa odlingsåtgärder i precisionsodling räcker det inte med att känna till variationer i grödan från exempelvis skördekartor eller N-sensormätningar. Dessa anger enbart det historiska utfallet, men säger ingenting om orsakerna. Relationer mellan skörd och markfysikaliska parametrar, speciellt variationer i alven, är mycket lite studerade. Inte desto mindre är det rimligt att anta att skördebegränsande faktorer i många fall står att finna i alven bland fysikaliska parametrar, särskilt sådana som påverkar vattnets tillgänglighet och rötters penetrationsförmåga.

### Målsättning

- Att utveckla ett redskap som samtidigt gör NIR- och penetrationsmätningar on-line på olika djup i markprofilen, och att utvärdera dess potential att mäta textur, mullhalt, penetrationsmotstånd samt vattenhalt, vattenretention och ev. uttorkning
- Att relatera resultaten från snabbmätningarna och de traditionella mätningarna till variationsmönster i skörd
- Att utreda orsakssambanden mellan mätta markegenskaper (rotdjup/vattenförhållanden) och skördemönster

### Utförande

Försöket har utförts på Kvarngärde strax väster om Uppsala. Tjugo referenspunkter fördelades över ca 10 ha av fältet för att täcka in så stor del av jordartsvariationen som möjligt. I varje punkt gjordes följande mätningar till 1 m djup i 10 cm intervall:

Texturanalys

Mullhalt bestämd med LECO.

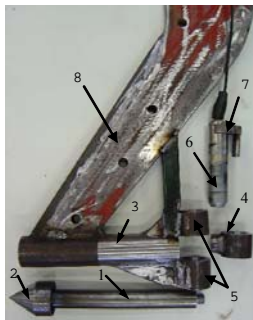
Vattenhållande förmåga och genomsläpplighet i ostörda jordprover.

Vattenhalten bestämdes gravimetriskt 3 ggr under vegetationsperioden.

NIR-mätningar gjordes tre ggr under vegetationsperioden. Dels direkt i fält och dels på jordprover på lab, både torkade och vid befintlig vattenhalt. Maximalt rotdjup bestämdes varannan vecka under vegetationsperioden.

Vid fastläggning av försöken gjordes en punktvis bestämning av markens penetromotstånd och resistivitet.

Förutom dessa punktmätningar, mättes elektrisk konduktivitet, markens hållfasthet och NIR-mätningar on-line.



Figur 11. Detaljer till horisontell penetrometer. 1-tryckstång, 2-konisk spets, 3-hylsa, 4-kraftöverföringshylsa, 5-mothållshylsor, 6-kraftgivare, 7-låsstycke, 8-plogkropp.



Figur 12. NIR-hållare monterad på penetrometerbilen.

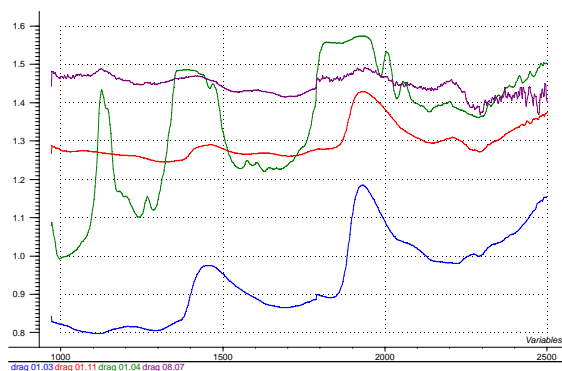
## Resultat

Under de två första åren har referenspunkterna följts och prover har tagits. Analys av dessa fortgår. Dessutom har en bill för automatisk mätning av det horisontella penetrationsmotståndet under färd utvecklats (figur 12) Under 2005 kompletterades denna också med en prob för samtidig mätning av NIR-spektrum via fiberoptik.

Mätningar med penetrometern har fungerat bra för samtidig mätning vid 10 cm och i plogsulan, men med en bill även på 50 cm blir det ofta för tungt och svårt att få ned billarna till rätt djup. Preliminära resultat visar på vissa samband med tidigare års skördekartor.

NIR-proben placerades bakom billen för att sitta skyddad och kunna mäta i den fåra som billen bildar (figur 12).

Resultaten från NIR-mätningar on-line visar att det går att få fina spektrum, men att det är svårt att få proben att gå med stabil höjd i förhållande till jordytan. Oftast går proben en bit ovanför. Detta ger svagare signal och ibland mycket brusiga spektrum. Spektrum med inslag av halm är lätt urskiljbara från jordspektrum (figur 13).



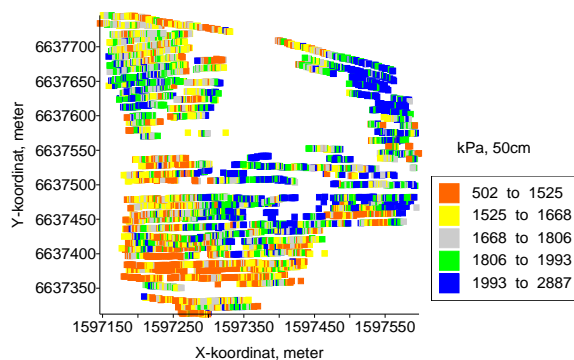
Figur 13. Otransformerade absorptionspektrum ( $1/\log(\text{reflektans})$ ) från Bra spektrum (blå), Normalt spektrum (röd), Svag signal (lila) och med Halm (grön).

**Tid:** Projektet skall slutredovisas under 2011

**Finansiering:** SLF och VL-stiftelsen

**Kontaktperson:** Bo Stenberg 0511-67276  
[bo.stenberg@slu.se](mailto:bo.stenberg@slu.se)

Projektet utförs i samarbete med Jordbearbetning och Hydroteknik samt JTI.



Figur 14. Exempel på upplösning av data efter filtrering för kompensation av variation i mätdjup. Penetrationsmotstånd på 50 cm djup.

## **Optimering av metod för att analysera mullhalt och ler med nära infraröd reflektansspektroskopi (NIR)**

Vi vet att generella kalibreringar för NIR-bestämning av lerhalt kan göras på lab (torrade och malda prov), men också att det inte går så bra att mäta mullhalt. Detta trots att organiskt material ger en direkt signal i det nära infraröda området. Vi har tidigare visat att högt innehåll av sand- och mopartiklar kan störa kalibreringarna och att de skulle fungera för enbart relativt leriga jordar. Uppenbarligen absorberar humus trots allt svagt i NIR-spektrum från mineraljordar. Det finns emellertid andra studier som visar att mullhalten bättre kan predikteras om även den synliga delen av spektrum (350-780 nm) inkluderas. En orsak anses vara att ljusheten i provet är en viktig egenskap i det synliga området. Men trots det faktum att en jord är mörkare ju mer humus den innehåller spelar även textur, mineralogi och inte minst fuktighet in. I några studier tycks ett visst fuktinnehåll förbättra prediktionsförmågan av humus. Vatten absorberar mycket starkt i NIR-området och hög vattenhalt befaras ofta överskugga annan absorption i närliggande överlappande band. Likaså är NIR-området känsligt för ljusspridningseffekter, vilket gör att ett prov med grov struktur reflekterar mindre. Vid oförsiktig omblandning av prov faller finare partiklar nedåt och ytstrukturen blir grövre. NIR-spektroskopi penetrerar provet mycket lite och denna stratifiering av provet skulle också kunna påverka spektrumens representativitet om stratifieringen även gäller jordens kemiska och fysikaliska sammansättning.

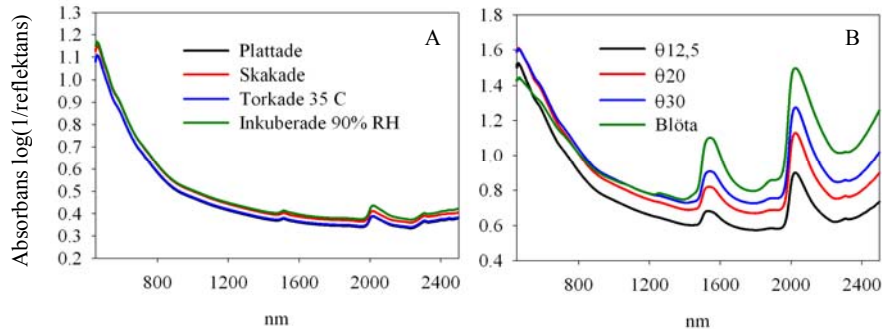
### **Målsättning**

Utreda möjligheterna att ta fram generella kalibreringar även för mullhalt, liksom de som finns för lerhalt, genom att inkludera den synliga delen av spektrum och utreda om standardiserad fuktighet kan utnyttjas för att förstärka humusens specifika absorption i NIR-området. Dessutom avsågs att utvärdera effekten på prediktion av ler- och mullhalt även av annan förbehandling av jordprov, såsom stratifiering genom skakning, torkning i 35°C eller uppfuktning i hög luftfuktighet, omedelbart innan NIR-analys.

### **Utförande**

Till projektet har ett urval på ca 400 jordar gjorts från proverna i studien "Tillståndet i svensk åkermark" som tidigare analyserats med enbart NIR-området (1000-2500 nm). Tvåhundra prover med lerhalt över 30 % och 200 med lerhalt under 30 % sorteras fram så att en så jämn spridning i både mull- och lerhalt uppnåddes utan någon intern korrelation.

synligt och NIR-spektrum mäts på samtliga prov i sitt befintliga torra och malda skick, torkat ett dygn i 35°C samt i ökande grad av fuktighet i fyra nivåer (80 % luftfuktighet ett dygn, 12, 20 och 30 volymprocent tillsatt vatten). Dessutom inkluderades ett led där provet skakades före analys i avsikt att skapa en jämn mätyta. I övrigt plattades provet försiktigt ut för att undvika stratifiering av partikelstorlekar.



**Figur 15. Vis-NIR absorbansmedelspektrum av alla 396 prov vid respektive behandling. A) Torra behandlingar och B) återfuktade behandlingar.**

## Resultat

Generellt blev resultaten något bättre genom att inkludera synligt ljus. Samtliga redovisade resultat avser dessa spektrum i fortsättningen. Att torka proven eller fukta dem i hög luftfuktighet påverkar spektrum mycket lite. Att skaka provet ger en svagt högre påvisad absorbans över hela spektrumet (Figur 15). Detta beror på att ytan då består av grövre partiklar, vilket ökar ljusspridningen och mindre ljus reflekteras. Det är alltså en artefakt. Tillsatt vatten ger på motsvarande sätt en lägre reflektans, men den tydligaste skillnaden i övrigt är att de båda vattentopparna vid 1400 och 1900 nm, som är karaktäristiska för ett jordspektrum, ökar kraftigt.

Resultaten visar tydligt positiva effekter av en standardiserad mängd tillsatt vatten för prediktion av både organiskt kol och lerhalt, men också att fritt vatten på ytan reducerar den positiva effekten (Figur 16 och 17). För lerhalt kan förbättringen härledas (data ej visade här) till tydligare differentiering av lerhalt i vattentopparna vid 1400 och 1900 nm. I de lufttorra proven har prov med hög lerhalt högre vattenhalt eftersom ler adsorberar vatten bättre än sand. Med tillsatt vatten blir det däremot tvärtom eftersom det blir mer fritt vatten i en sandjord, och detta absorberar starkare i NIR-området. För organiskt kol kan förbättringen till följd av tillsatt vatten till stor del härledas till absorptionsband kring 1728 och 1760 nm och 2250-3350 nm (data ej

visade här). Detta är områden kända för att absorbera svagt i NIR, men mekanismen varför inverkan av organiskt material blir starkare med tillsatt vatten är fortfarande oklart. Däremot visade det sig att det var jordar med mycket sand som stod för den avgörande delen av förbättringen när prediktionsfelen prov för prov jämfördes. Felen bestod till största delen dessutom av överprediktioner (Figur 18). Slutsatsen är att den kraftiga positiva effekten för organiskt kol av standardiserad fuktning av jordar med mer än 60 % sand/grovmo legitimerar merarbetet med fuktning av prov. Förutsättningen är att kalibreringar görs för både lufttorra jordar samt med 20 vol.-% vatten.

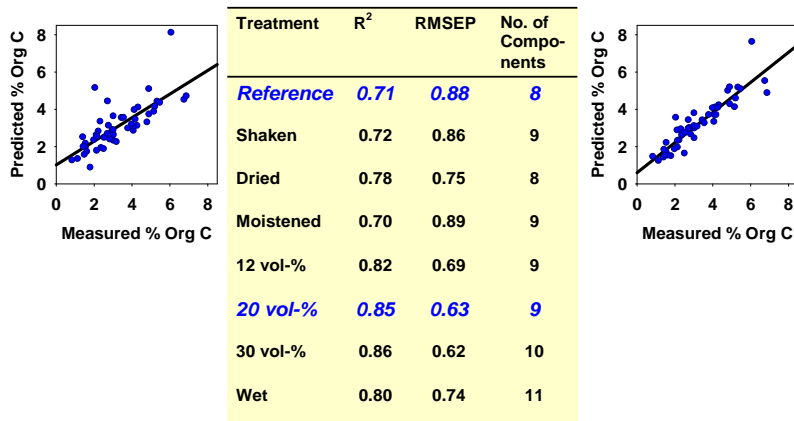
**Tid:** Avslutat och slutredovisat.

**Finansiering:** SLF

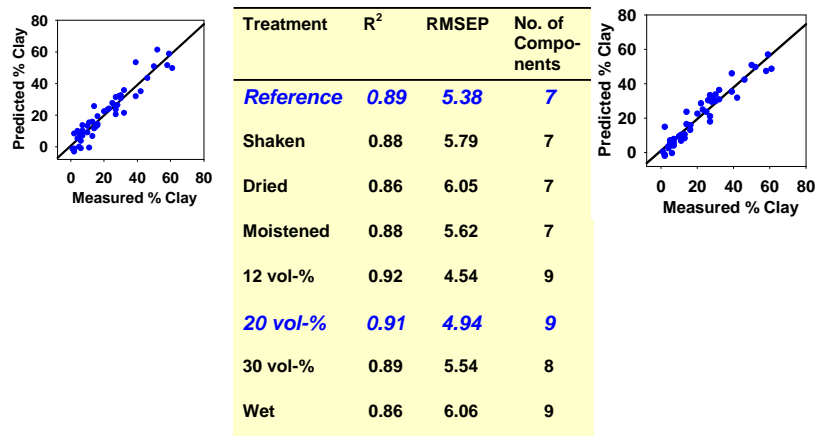
**Kontaktperson:** Bo Stenberg 0511-67276  
Bo.Stenberg@slu.se

**Publikationer:**

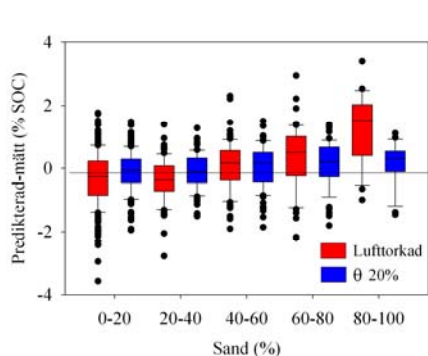
Stenberg, B., 2010. Effects of Soil Sample Pretreatments and Standardised Rewetting as Interacted with Sand Classes on Vis-NIR predictions of Clay and Soil Organic Carbon. *Geoderma*, 158: 15-22.



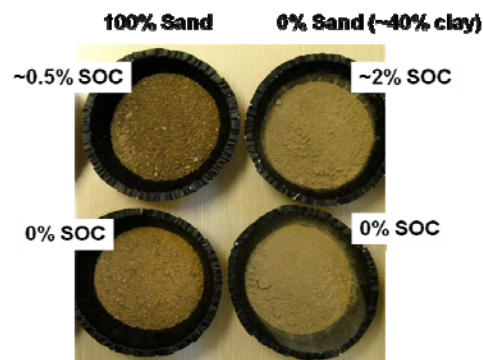
Figur 16. Effekt av de olika förbehandlingarna på förmågan att prediktera mängden organiskt kol. Korrelationen mellan mätt och predikterat för referensen visas till vänster och för 20 vol-% tillsatt vatten till höger. RMSEP = Root mean squared error of prediction.



Figur 17. Effekt av de olika förbehandlingarna på förmågan att prediktera lerhalten. Korrelationen mellan mätt och predikterat för referensen visas till vänster och för 20 vol-% tillsatt vatten till höger. RMSEP = Root mean squared error of prediction.



Figur 18. Box-viskar plottar av individuella prediktionsfel i sandklasser. Medelvärdesstreck, box för 10/90 percentil, spröt för 5/95 percentil och punkter för övriga.



Figur 19. Exempel på färgförändring i sand respektive lerhalt vid förekomst av humus.



## **Beslutsunderlag för kvävestyrning i realtid baserat på sensordata, databaser och modellsimuleringar – informationsfusion inom precisionsodling**

Inom precisionsodling genereras en stor mängd data som ska hanteras vid både insamling, bearbetning, analys och presentation. Problemet är att en stor del av denna data-mängd insamlas i olika system och fler format än de sedan skall användas i. Idag kombineras i regel inte data som samlas in i realtid med andra typer av data vid, t ex, behovsberäkningar av kvävegödsling. Om kommunikationen mellan olika datakällor fungerade bättre, och om dessutom modellkörning i realtid möjliggjordes, så är det sannolikt att odlingsinsatserna skulle kunna optimeras till gagn för både miljö och produktionsresultat.

### **Målsättning**

Projektets målsättning är att utveckla reella system för kvävestyrning utifrån ekonomi- och miljökriterier som kan hantera modeller, sensorer och databaser i realtid med avseende på robusthet, hastighet och precision.

### **Utförande**

Projektet syftar till att tillämpa informationsfusionsmetoder inom precisionsodling, i samarbete med forskningsprogrammet Information Fusion på Högskolan i Skövde (HiS). Projektet inriktas mot kvävestyrning och som huvudsaklig realtids-data kommer Yara N-sensorn att utnyttjas som ett praktiskt fungerande typexempel. Målet med projektet är att kunna utnyttja flera olika datakällor samtidigt för att optimera varierad kvävegödsling.

### **Preliminära resultat**

Två s.k. processbaserade mark- och växtmodeller har testats med fältdata från ett skifte på Ribbingsberg (N 58°06' E 12°50') och utvärderas med avseende på funktionalitet och användbarhet för precisionsodling. Indata till modellerna varierar bl a i jordart, mullhalt och N-gödslingsnivåer. Preliminära resultat pekar på att RUE (radiation use efficiency) tillsammans med mullhalt och parametrar som hanterar nedbrytning av och mineraliseringshastighet i det organiska markkvävet har stor inverkan på simuleringen av skörd och resterande mineralkväve i mar-

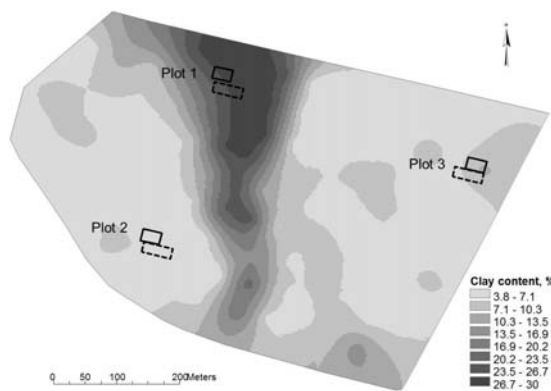
ken. Modellerna ska testas med olika väderscenarier och olika kombinationer av parametrar för att se effekt av olika inställningar och om det går att få bra passning mellan modellresultat och fältresultat. Den modell som visar sig mest lämplig som potentiellt verktyg inom precisionsodling kommer att användas i den resterande delen av projektet.

Under växtsäsongen 2010 genomfördes fältförsök på Bjertorps egendom (N 58°15,7 E 13°6,7) med N-stegar på tre olika jordtyper (Figur 20). Resultat av skördenivåer, av mineralkväve i mark på våren och vid skörd (Figur 21) samt av N-sensormätningar på respektive plats ska användas för att utveckla system för hur modellen kan kombineras med N-sensormätningar i realtid (ett modell-sensor-system) för ekonomisk och miljömässig optimering av tilläggs-givor av kväve. Modell-sensor-systemets utslag på N-giva kommer att jämföras med modellens utslag på N-giva och med det verkliga resultatet i fält.

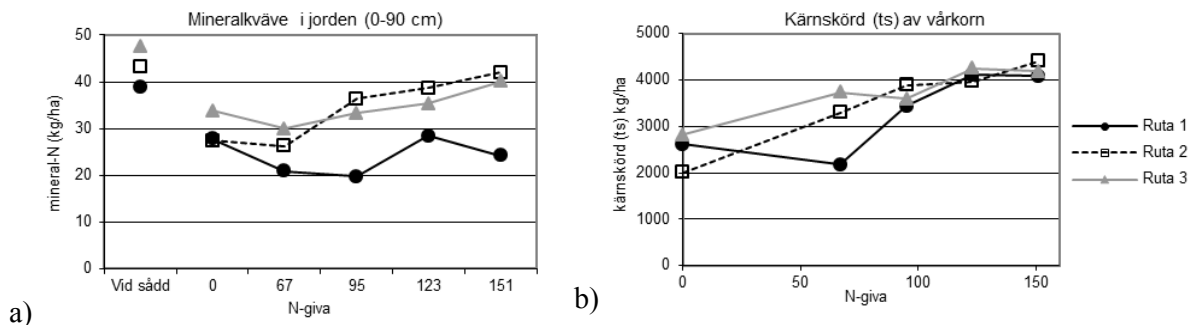
## Kommande studier inom projektet

Tillsammans med personer inom ämnet informationsfusion på HiS planeras en studie av osäkerhetshantering i mark- och växtmodellen. Målsättningen är att minska risken för osäkerhet i modellens utdata genom en osäkerhetsmodul i modellen som tar hänsyn till osäkerhet i indata (såsom mätfel av karterade data eller prognostiserat väder).

Även under växtsäsongen 2011 genomförs fältförsök på samma jordar som år 2010 på fältet i Bjertorp. Resultaten förväntas komplettera resultaten från 2010 och samtidigt leda till utveckling av modell-sensor-systemet, så att gränssnittet mellan data in och ut från modellen och realtidsdata från N-sensorn förbättras. Målet är att data från N-sensorn ska tillåtas anpassa modellerna utifrån faktiska förhållanden om grödans N-upptag.



Figur 20. Fältförsökens placeringar på skifte 10 på Bjertorps egendom år 2010 (rutor med heldragen linje) och 2011 (rutor med streckad linje).



Figur 21. Resultat från tre olika försöksrutor år 2010. Mineralkväve i jordprofilen (0-90 cm) vid sådd och vid skörd för de olika N-givorna (figur a) och skördenivåer (figur b).

**Tid:** 2006 – 2012

**Finansiering:** KK-stiftelsen, Högskolan i Skövde, Agroväst och SLF (Stiftelsen Lantbruksforskning).

**Kontaktperson:** Lina Nolin 0500 – 448632 [lina.nolin@his.se](mailto:lina.nolin@his.se)

## **Strategi för att minimera kadmium i jordbruksmark och gröda**

Projektet ingår som ett kadmiumtema i projektet "Mervärden som Märks – en efterföljare till Mat 21 och samfinansieras av SLF och MISTRA. Syftet med Cd-temat är att föreslå en samlad strategi för att minimera Cd i jordbruksmark och gröda, att identifiera möjliga vägar att minska grödornas innehåll av Cd och belastningen på konsumenterna via intag av föda, samt att analysera konsekvenserna av ett tänkt genomförande av dessa strategier. Projektet består av flera delprojekt. Ett av dessa delprojekt handlar om inomgårdsvariation av Cd och dess koppling till jordens ursprung.

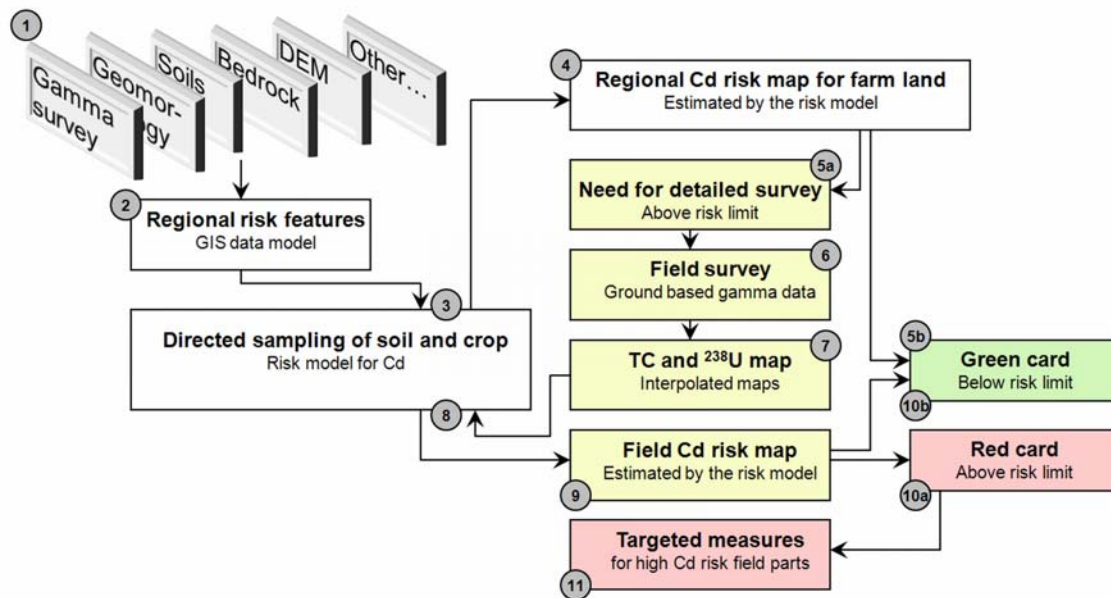
### **Målsättning**

Det delprojekt som redovisas här handlar om att utvärdera orsaker till variation i kadmium i jord och gröda. Hypotesen är att jordartsgeologin till stora delar styr denna variation och att det därmed är möjligt att utifrån god kännedom om den jordartsgeologiska utvecklingen samt modermateriallets sammansättning i ett område göra en riskuppskattning för Cd i gröda som stöd för rekommenderad provtagningsstrategi.

### **Utförande**

Undersökningar utförs på två gårdar på Österlen och en i västra Östergötland. På båda platserna finns fält som producerar höga Cd-halter i grödor och sådana som inte gör det, och som är belägna i områden där man tidigare registrerat höga halter. Vi har med hjälp av Sveriges Geologiska Undersökningars jordarts- och berggrundsgeologiska kartor och fältstudier avgränsat olika jordartsområden och startat provtagning för att studera inomgårdsvariationen i Cd-halter i marken, sambandet mellan Cd-halter i grödorna å ena sidan och Cd-halten i marken och andra markegenskaper å den andra. Kärnprover av vete och korn har tagits i punkter koordinatsatta med GPS för att få en översiktlig bild över variationen i Cd-upptag mellan olika modermaterial.

De geologiska kartorna i kombination med data från flugburen gammastrålningsmätning används för en översiktlig bedömning av riskområden. Med hjälp av den regionala riskkartan väljs fält för detaljkartering med markburen gammastrålnings sensor av potentiella problemfält. Resultaten visar bl a att det är möjligt att använda den här metoden för att hitta platser med mycket höga halter av Cd i matjord och gröda. Inomfältsvariationen av Cd i matjord är i de undersökta fälten påtaglig. Alunskiffer är oftast den huvudsakliga källan till de högsta halterna i marken. Cd i matjord är då starkt korrelerad till den uppmätta U-238 halten. I projektet ingår också att diskutera möjliga åtgärder för den enskilda jordbrukaren i de fall kadmiumhalterna är höga i grödorna. Projektet kommer att slutrapporteras under 2011.



**Figur 22. Principiell modell över den utvecklade kadmiumriskbedömningsmetoden.**

**Finansiärer:** Mistra, SLF, Agroväst

**Kontaktperson:** Mats Söderström, SLU, [mats.soderstrom@slu.se](mailto:mats.soderstrom@slu.se)

**Övriga projektdeltagare:** Jan Eriksson, SLU (projektledare); Thomas Olsson, AnalyCen; Erika Bjurling, Lantmännen; Nick Jarvis, SLU.

## **Variation i marken inom fältförsök – hur kan vi kvantifiera och hur ska vi hantera variationen?**

Fältförsök har under många år varit en vedertagen metod för undersökningar i fält. Det är sedan länge känt att markegenskaper varierar även om marken synbart ser jämn ut. Idag finns teknik, såsom EM38 och UAV, som kan registrera variationen. Möjligheter att väga in markvariationen i utvärderingen av försök kan vara till nytta i planering av nya fältförsök och vid val av nya försöksplaner. Statistiska modeller för hantering av variationer inom försök ska utvärderas.

### **Målsättning**

Med projektet avses att göra en metodstudie där befintliga försök utvärderas med avseende på variationer i mark och gröda. Syftet är att arbeta med frågeställningar som:

- Hur väl har man lyckats med etableringen av befintliga försök vad avser minimal variation i markegenskaper?
- Påverkar inomfältvariationen slutsatserna i den statistiska analysen av försöken?
- Hur kan man ta hänsyn till den befintliga inomfältvariationen i den statistiska analysen av försöken?
- Vid vilken magnitud av inomfältvariation riskerar man att feltolka försöksresultaten – och hur skiljer sig detta vid olika typer av försök?
- Hur stor är variationen i biomassa och markegenskaper inom respektive försöksrutor?
- Hur använder man dessa mätmetoder för planering av försök?

### **Utförande**

Projektet genomförs i befintliga försök. I största möjliga mån används försök med så många rutvis uppmätta parametrar som möjligt att användas, t.ex:

- Avkastning
- Proteinhalt och N i klippta grödor
- Sort
- Gödslingsnivå
- Graderingar av ogräs och skadegörare
- Olika spannmåls- och frökvaliteter
- Mineralkväve i marken
- N-sensormätningar

Alla försöksrutor positionsbestäms med stor noggrannhet. DGPS utrustning används med möjlighet till efterbearbetning för ökad precision (alternativt RTK-GPS).

Redan utförda mätningar har använts och kompletterande mätningar med EM38 gjordes under 2010.

Flygfotografering med UAV har utförts, bl.a. med en utvecklad teknik med en kamera med möjlighet att registrera i NIR-bandet.

Data från EM38-karteringen och flygfotograferingen används för att klassindela försöksrutorna beroende på mätvärden. Dessutom erhålls ett mått på variationen i mark och gröda. Detta leder till huvudsyftet med projektet som kan innebära ny kunskap om hur variation inom fältförsök ska hanteras i den statistiska utvärderingen av resultaten från fältförsök.

**Tid:** 2007-2011.

**Finansiering:** SLF

**Kontaktpersoner:** Johan Roland och Mats Söderström  
0511-67139, 0511-67244  
johan.roland@slu.se  
mats.soderstrom@slu.se

**Samarbete:** HS Skaraborg

## Digitala tidsresor

Projektet är ett samarbete mellan regionala museer, Institutionen för Arkeologi och Antikens Kultur, Göteborgs Universitet, Stadsbyggnad på Chalmers och Avdelningen för precisionsodling. Markvetenskap vid Sveriges Lantbruksuniversitet. I studien undersöks nya möjligheter att använda modern digital teknik för bl.a. modellbyggande, förmedling, kunskapsbygge och kunskapsspridning inom kulturmiljövårdens och arkeologins verksamhetsområden. Avdelningen blev inbjuden att vara med i projektet eftersom det fanns behov av vår erfarenhet för hantering av stora mängder geografiska data.

### Målsättning

Syftet med projektet är att förmedla både visuell och taktil information som illustrerar den historiska utvecklingen av området och på så sätt sprida historisk kunskap i museimiljö på ett nytt sätt. Projektet riktar sig speciellt till ungdomar och synskadade människor. En övergripande målsättning från avdelningens synpunkt är möjligheten till utveckling av ny teknik för presentation och förmedling av forskningsresultat. Dessutom kan projektet resultera i ny kunskap och förståelse för landskapsutveckling och odlingshistoria.

### Utförande

Projektet kan sägas bestå av två sammanvävda delar, där den ena inriktas mot ett konkret utvecklande av (digitala) metoder för förmedling, sammanställande och tillgängliggörande av information om en fornlämningsmiljö, och den andra analytiskt behandlar frågeställningar avseende möjligheter och svårigheter vid tillämpning av diverse digitala tekniker inom områden som arkeologi, kultur- och naturmiljövård, samt inom verksamheter som spänner över flera av dessa sektorer.

### Resultat

För vår del har fokus legat på utvecklingen av en interaktiv, kombinerad digital och fysisk modell över området Göta älvdalen (figur 23), och till viss del även på funktionaliteten av en augmented reality (AR)-applikation för visning av guldfynd från Vittene.

Projektresultaten presenteras i ett eget utställningsrum i Lödöse museum (se foto) - *Älvresan - en tidsresa genom landskapet* och är en del av den fasta utställningen *Bilder av våra förfäder*. Den fysiska Göta älvdalsmodellen utgörs av ett

stort bord (1,20m x 4,26 m) på vilket en gjuten topografisk modell som visar topografin i Göta älvdalen, från Göteborg till Vänersborg. På modellen projiceras en animering av Göta älvdalens vegetationsutveckling och strandlinjeförskjutning efter istid till nutid och en taktil modell på vilken även animeringen projiceras.



Figur 23. Projektrummet i Lödöse museum. Via en projektor i taket visualiseras landskapet från istid till nutid på den drygt fyra m långa modellen över Göta älvdalen.

Modellen har speciella fysiska ytegenskaper för att kunna tåla beröring av museibesökarna och samtidigt ge möjlighet för synskadade att känna sig fram och jämföra exempelvis dagens vattennivåer med en nivå som vi hade för 10000 år sedan. Olika ytstruktur användes för att illustrera vatten, land och bebyggda områden. Formakademien i Lidköping AB gjöt den taktila modellen. Företrädare för De Synskadades Riksförbund medverkade också i arbetet.

Mer information om projektet finns på dess hemsida: [www.time-travels.org/](http://www.time-travels.org/) och på [www.vastarvet.se](http://www.vastarvet.se), som är muséernas i Västveriges hemsida.

Projektet slutrapporterades 2010.

**Finansiärer:** Riksantikvarieämbetet

**Kontaktperson:** Mats Söderström, SLU,  
[mats.soderstrom@slu.se](mailto:mats.soderstrom@slu.se)

**Övriga projektdeltagare:** Per Stenborg (projektledare), Johan Ling och Chris Sevara, Göteborgs universitet, Liane Thuvander och Jonas Tornberg, Chalmers

### ***Biologisk markkartering***

Detta område fokuserar på att identifiera och kvantifiera markbiologiska faktorer som hämmar grödans tillväxt. Huvudsakligen utvecklas molekylärbiologiska strategier med inriktning mot markbundna patogener. Målet är att utveckla detektionsmetoder, använda dem för att bestämma förekomst vid olika skadenivåer i grödor samt utveckla prognosmodeller för bedömning av risk för angrepp i olika växtföljder. Fysikaliska och kemiska egenskaper i marken påverkar utbredning av patogener. Förutom klassiska kemiska analyser används olika marksensorer som t.ex. instrument som mäter markens elektriska ledningsförmåga (ECa) för att förklara variation i förekomst och för prognos av angrepp.



## **Biologisk markkartering (BioSoM) - TEMA vid NL-fakulteten**

**BioSoM (Biological Soil Mapping)** är ett tematiskt forskningsprogram vid NL-fakulteten på SLU. Målet är en ny service till lantbruket för bestämning av förekomsten av jordburna patogener kopplat till markkemi. Arbetet sker i samverkan mellan näringsliv och SLU. SLU ansvarar för det vetenskapliga arbetet och utvecklingen av råd för att optimera växtföljd och andra odlingsåtgärder för att reducera skadan.

Många jordburna patogener, som klumprotsjuka i oljeväxter och ärtrottröta, har vilsporror som kan överleva 10-20 år i marken beroende på jordförhållanden, växtföljd m.m. Den långa överlevnadstiden i jorden gör det intressant att kartera förekomsten och följa förändringarna och dess koppling till omvärldsfaktorer.

Tillgången till nya testmetoder för jordbundna växtpatogener ger odlarna en möjlighet att uthålligt anpassa odlingen efter marknadens signaler. En sådan biologisk kartering kommer att bli ett mycket värdefullt komplement till dagens kemiska markkartering. Resultatet av projektet kommer att kunna utgöra ett gott underlag för en bedömning av nyttan av en systematisk bestämning av patogenförekomst och hur den bäst skall genomföras i Sverige samt möjligheter att ersätta relativt dyra biotester (jordtest där fångstplantor indikerar sjukdom) med DNA-teknik. Fakulteten tog det slutgiltiga beslutet i maj 2009 och programmet startade i aug samma år. Arbetet är intradisciplinärt och forskare från ytterligare två institutioner samt från intressenterna deltar

### **Målsättning**

Målet med projektet är:

- att anpassa och utveckla DNA-baserade metoder för effektiv kvantitativ PCR-bestämning av markburna patogener i svenska jordar med avseende på ärtrottröta (*Aphanomyces euteiches*), rotdödare i vete (*Gaeumannomyces graminis var. tritici*) och klumprotsjuka i oljeväxter (*Plasmodiophora brassicae*), kransmögel (*Verticillium longisporum*), bomullsmögel (*S. sclerotiorum*) samt klöverrotte-komplexet
- att validera bestämningar baserade på DNA-teknik mot tillgängliga biotester för bedömning av odlingsåtgärder.
- att utvärdera samband mellan förekomst av patogener och markparametrar såsom pH, innehåll av makro- och mikronäringsämnen, lerhalt m.m i både matjord och alv
- att öka kunskapen om vilkroppsbyggande patogeners biologi och möjligheterna att påverka deras utveckling genom åtgärder i växtodlingen
- att i samverkan med näringslivs intressenter initiera introduktionen av biologisk markkartering

### **Verksamhet**

I augusti 2009 startade arbetet i programmet efter att styrgruppen för BioSoM antagit programplanen. Programmet drivs inom fem projektområden (WP).

- 1) Provtagning och detektion av jordburna patogener
- 2) Prognos av skada – dos/respons baserad på fältförsök och växttester

3) Vilcroppsbiologi – ökad förståelse av vilcroppsbildning och groning

4) Samband mellan infektionsnivå och markens egenskaper

5) Introduktion och användning av BioSoM-tekniken i försök och praktik

Resultaten från programmet kommer att bestå av metoder (Standard Operations Procedure) för bestämning med PCR-teknik av ett antal patogener (Tabell 6).

Förmodligen kommer de att fungera som 2 ”de facto” standarder.

Fördjupad förståelse av groning och bildning av viktiga patogeners vilkroppar, vilket kan öppna för nya bekämpningsmetoder. Forskningen är organiserad i tre olika typer av aktiviteter.

### Aktiviteter 2010

Under hösten 2009 startade aktiviteterna inom de olika projektområdena med fokus på WP 1, 2 och 3. Två postdoc-tjänster utlystes vara av en tillsattes strax innan jul och den andra under våren 2010 inom samband mellan infektionsnivå och markens egenskaper. Ytterligare två intressenter har anslutit sig till programmet: Nordic

Beet Research och Lantmännen SW Seed. För ytterligare info se hemsidan för Bio-SoM: [www.slu.se](http://www.slu.se)



Tabell 6. BioSoM – Kartering av jordbundna bakterier.

Patogen	Biologisk Grundkunskap	DNA Detektion	Bio-test	Fält försök validering	BioSoM karta, analys- och rådgivning
<i>P. brassicae</i> Klumprotssjuka	■ ■ ■ □	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ □	■ ■ ■ □
<i>V. Longisporum</i> Kransmögel	■ ■ ■ □	■ ■ ■ □	■ □ □ □	■ □ □ □	□ □ □ □
<i>S. sclerotiorum</i> Bomullsmögel	■ ■ ■ □	■ ■ ■ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □
<i>Phytophthora sp</i> I ärt	■ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □
<i>A. euteiches</i> Ärtrottröta	■ ■ ■ □	■ ■ ■ □	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ □	■ ■ ■ □
<i>F. avenaceum</i> <i>P. exigua</i> <i>C. destructans</i> Klövertröta	■ ■ ■ □	■ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □
<i>G. graminis</i> Rotdödare	■ □ □ □	■ ■ ■ □	■ □ □ □	■ □ □ □	□ □ □ □

■ = Kunskap □ = Kunskap fattas

**Tid:** TEMA-projekt 2009-2012

**Finansiering:** NL-fakulteten, Stiftelsen Svensk Lantbruksforskning (SLF), Stiftelsen Svensk Oljeväxtforskning (SSO), SL och VL- Stiftelsen

Intressenter med ”in kind” finansiering Eurofins Food & Agro AB, Scanbi AB, Findus R&D, Nordic Beet Research samt Lantmännen SW Seed.

**Kontaktperson:** Anders Jonsson; 0511-67129; [anders.jonsson@slu.se](mailto:anders.jonsson@slu.se)

## **Helautomatiskt övervakningssystem för insektsangrepp för platsspecifik bekämpning**

Insektsangrepp kan ge allvarlig skada på växande gröda. Bekämpning av skadedörare i fält sker ofta antingen i förebyggande syfte, vilket innebär att insekticider ofta används i onödan eller då insektsangreppet pågått en tid och stora skador redan har inträffat. Förekomsten av insektsangrepp varierar också inom fält i lantbruksgrödor. Det finns behov av att kunna bestämma när insekterna angriper grödan samt antalet insekter. Denna bestämning sker idag oftast med manuella graderingar på gröda eller via olika typer av fällor. Utveckling inom området syftar till att effektivisera informationsinsamlandet för att förbättra fältförsöksverksamhet samt varnings- och prognosverksamhet och kan på ett betydande sätt ge bättre beslutsunderlag och kunskap till efterföljande rådgivning och praktisk växtodling. Effektivare informationsinsamling medför att mer värdefull kunskap från varje utlagt fältförsök kan fås.

### **Målsättning**

Detta projekt avser att utveckla metodiken med nya system för övervakning, identifikation och mängdbestämmning av insekter i fält, vilket därigenom skulle ge bättre informationsunderlag för att fatta beslut om bekämpningsåtgärder såväl mellan som inom fält. Systemet skall bestå av en attraktantdel, som kan vara ett feromon, en färgad skiva eller något annat attraherande ämne, samt ett detektorsystem, vilket kommer i första hand är baserat på elektrisk urladdning. Olika detektorenheter skall bindas samman med trådlösa radiosystem och kunna fjärravläsas via modem.

### **Bakgrund**

Det finns ett antal olika metoder för att övervaka förekomst av insekter. Generellt består de av en attraktant och en fälla. Den vanligaste typen är en klisterfälla betad med en insekts sexualferomon, vilket även är den känsligaste metod man känner i dag och mycket låga populationstätheter kan påvisas. Fällorna anger om insekten finns i fältet, när den flyger och indikation om hur många de är. Dessa system har emellertid en del nackdelar. För att få tillförlitlig information måste de avläsas ofta och klisterfällan måste bytas. En klisterfälla är besvärlig att räkna av och en "full" klisterfälla kommer att verka avskräckande för nya insekter som flyger in, samt attrahera ovidkommande insekter och fåglar.

Ett system som automatiskt och specifikt kan detektera förekomst och fre-

kvens av en speciell insekt är därför mycket värdefullt. Systemet skall anpassa till fältbruk och kunna fjärravläsas via exempelvis ett telefonmodem. Systemet skulle också kunna ge realtidsinformation och även ge ur forskningssynpunkt värdefull information om utbredning, frekvens och storlek mm på ett insektsangrepp.

### **Utförande**

I april 2007 startades en förstudie till detta projekt med finansiering från VL-Stiftelsen och S-SENCE. Syftet med projektet var att utreda möjligheterna att bygga upp ett helautomatiskt övervakningssystem som hanterar insektsangrepp. Detta projekt genererade resultat som ansåg så lovande att det fortsatte med stöd från SLF. En intressant detektorprincip utgjordes av en elektrisk fälla. Sådana system finns kommersiellt tillgängliga och är användbara för att hålla insekter borta i hemmil-

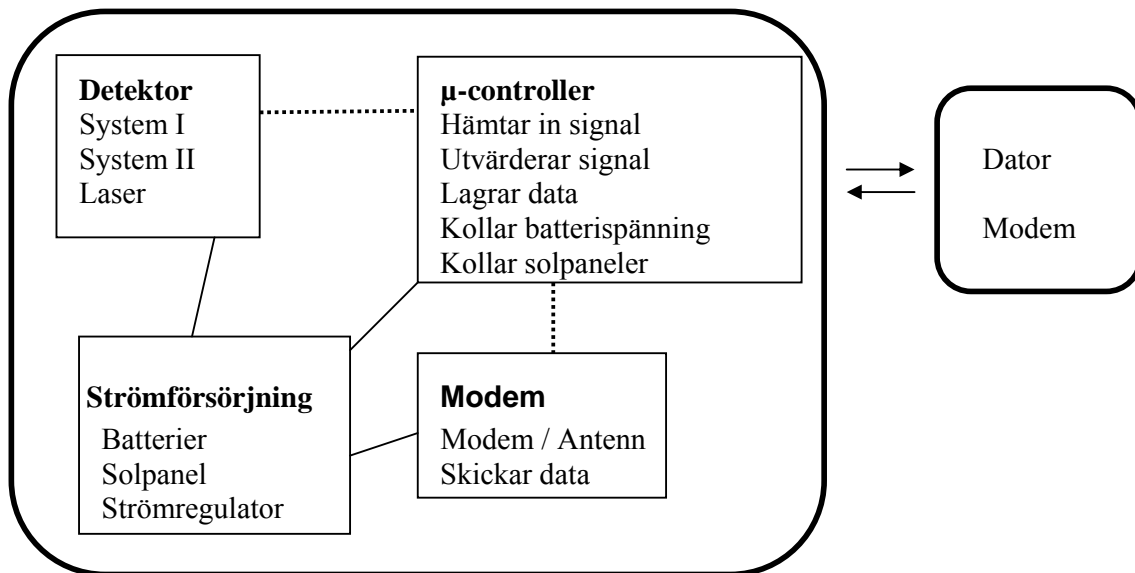
jö. Elektroniken är mycket enkel och billig och består av två elektriska ledare mellan vilka en potential på några kV är pålagd. Bakom dessa finns en UV-lampa som attraherar insekter. När insekterna kommer in mellan ledarna utvecklas en elektrisk stöt som knockar och ofta dödar insekten. Att använda elektrisk detektion har en rad fördelar:

- Insekten transporteras bort från fällan efter detektion (dvs den ramlar ner i ett tråg) och behöver inte tömmas.
- Detektionen sker elektroniskt och när insekten får stöten genom sig går den signal att mäta.

### Detektorsystem

Vid utvecklingsarbetet kopplas signalen från detektorenheten via en A/D omvandlare till en PC. Genom signal-

analys kan algoritmer utvecklas för händelseförloppet då en insekt detekteras med detektorn (i det följande betecknat som en "event"). I praktiken har PC:n ersatts med en billig mikrocontroller som alltså fyller funktionen av att samla in data, göra en signalanalys samt lagra data. Mikrocontrollern har anslutits till ett GSM-modem, som gjort det möjligt att ringa upp systemet och ladda ner lagrade data. I projektet ett system testats, där en PC ringer upp detektorenheten och få data överförda (figur 24). Arbetet har även lagts ner på att utveckla ett strömförsörjningssystem baserat på 8 solpaneler som ger 16 V och 0.3A vid solbelysning ( motsvarande 4.8 Watt), kopplat till uppladdningsbara batterier.



Figur 24. Schematisk beskrivning av system för detektion av insektsangrepp.

### Konstruktion av demonstrator och prototyper

Förprojektet visade att det tekniska systemet för detektion och karakterisering av insekter kan fungera. För att ytterligare utveckla och optimera byggdes en första demonstrator 2008 och en validering inleddes mot befintliga metoder för skattning av popula-

tioner och angrepp av rapsbaggar (Figur 26).

### Resultat 2008

Den första demonstratorn placerades i ett höstoljefält utanför Linköping i juni 2008. Av säkerhetsskäl placerades den i en mindre inhägnad (Figur 25). Efter diverse startproblem kunde inflygning av insekter noteras. Demonstratorn var

utrustad med två temperaturgivare luftfuktighets- och instrålningsmätare. Detta gav möjlighet att följa sambandet mellan registreringar i räknaren och väder (Figur 27).



**Figur 25. Demonstrator i ett oljeväxtfält utanför Linköping.**



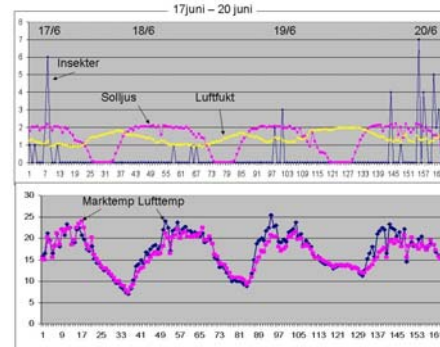
**Figur 26. Demonstrator med sensor för temp, fukt och instrålning.**

För att locka rapsbaggar användes gula målade skivor och en blandning av glukosinolater, vilka är substanser typiska för oljeväxter. Resultaten visar att det går att räkna insekter och att rapsbaggar kan detekteras med denna teknik.

### Resultat 2009

Planen var att under våren 2009 bygga tre prototyper för att påbörja testning i oljeväxter, ärtor (ärtveklare) och hallon (hallonängar), på Rånna, SLU. Insekterna lockas till fällan med speciella attraktanter (glykosinolater, feromoner, kariomoner etc).

Under våren 2009 byggdes tre system upp, försedda med solpaneler och batterier för att bli självförsörjande på energi. De placerades på SLU:s försöksstation Lanna, (Figur 28) samt i Ledberg, Östergötland.



**Figur 27. Avläsning av fälla 17-20 juni 2009.**



**Figur 28. Insektsfällor på Lanna 2009**

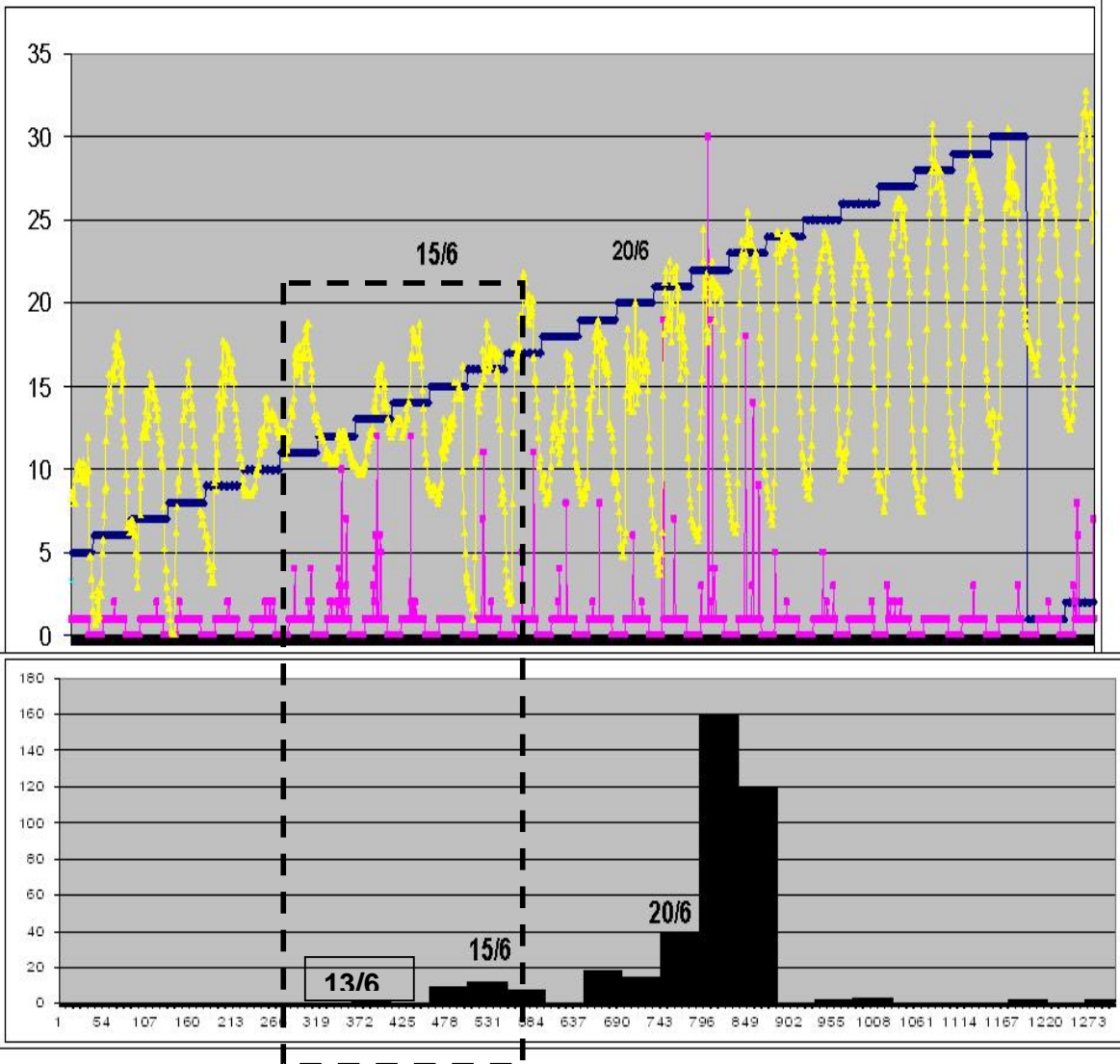
Resultaten för mätningarna i rapsbaggar i Östergötland redovisas nedan. I figur 29 finns redovisat resultat för insektsmarkeringar, (ljusviolett), temperatur(gul) samt datum (blå) under perioden 5/6 - 2/7. Även rapsbaggar som räknats i planta på fältet redovisas i diagrammet under. Väderleken noterades även. Inga rapsbaggar i plantorna kunde upptäckas förrän 13/6 med 3 st/10 plantor, den 14/6 räknades tyvärr inte, och den 15/6 noterades 12 st/10 plantor. Under samma period registrerades ett signifikant högre antal insektsmarkeringar, indikerat i den infällda rutan i figuren. Detta resultat indikerar att förekomst av rapsbaggar under bekämpningströskel (5st/10 plantor) kan påvisas. Mätningarna av hallonängar i Rånna förhindrades av att det för första gången på flera år inte skedde någon inflygning av hallonängar!!

### Aktiviteter 2010

Inför säsong 3, färdigställdes 5 stationer. De användes för att påvisa förekomst och

mängd av rapsbaggas på ett fält. Stationerna placerades i en linje, rätvinkligt mot fältkanten. Stationerna harradiomoduler, så att avläsning av resultat från samtliga stationer kunde ske från en moderstation.

Förutom studierna i oljevaxter testades uppställningar för att räkna hallonängar på Rånna, ärtvecklare ihop med Find R&D och fruktvecklare med en doktorand på Alnarp. För vidare info se slutrapport.



Figur 29. Resultat från avläsning på Ledberg 2009.

**Tid och plats:** Projektet utförs vid Linköpings Universitet vid kompetenscentrat S-SENCE under 2007-2010, i samarbete med forskargruppen för precisionsodling och pedometri, SLU, Skara samt SLU:s försöksstationer Lanna och Rånna samt Alnarp.

**Finansiering:** Projektet är finansierat av SLF, VL-Stiftelsen och S-SENCE

**Kontaktperson:** Anders Jonsson tel: 0511-67129, [anders.jonsson@slu.se](mailto:anders.jonsson@slu.se)

## ***Utbildning och information***

Forskargruppen arbetar aktivt med information och utbildning av i första hand studenter, lantbrukare och rådgivare, samt ansvarar för delar av studentkurser inom områdena växtnäring och växtodling på SLU. Utbildning av lantbrukare görs exempelvis genom deltagande i fältvandringar, mässor och samarbetet inom POS. Forskargruppens engagemang inom POS utgör också basen i informationen av rådgivare. I forskargruppen finns också ett samarbete med Institutionen för Stad och land, SLU, med projekt som riktar sig till elever i grundskolan.



## **Hur behandlas områdena livsmedelsproduktion, lantbruk och markanvändning i skolans värld – vad står i styrdokument och läromedel, vad har elever och lärare för erfarenheter?**

Vår tids kanske största utmaning är att utveckla ett hållbart samhällssystem med tanke på ekologisk, social och ekonomisk hållbarhet. I denna utveckling har lantbruket och landsbygden en central roll när det gäller livsmedelsproduktion, landskapsbild, biologisk mångfald, cirkulation av växtnäring mm. Skolans roll i utvecklingen av ett hållbart samhälle är central för att utbilda kunniga, engagerade och reflekterande samhällsmedborgare och konsumenter. Frågan är dock hur skolvärlden ser på lantbruket och dess betydelse för en hållbar samhällsutveckling? På vilka sätt behandlas dessa frågor i läromedel och styrdokument? Vilka erfarenheter har lärare av lantbruk och i vilken utsträckning tar de upp dessa frågor i sin undervisning? Vad kan eleverna i Sverige om livsmedelsproduktion, lantbruk och markanvändning och hur anser de att de har fått sin kunskap?

### **Målsättning**

Målsättningen med projektet är att:

- undersöka hur begreppen lantbruk, livsmedelsproduktion och markanvändning berörs i läroplan och kursmål för grundskolan i ämnena biologi, geografi och hem- och konsumentkunskap.
- undersöka på vilka sätt begreppen lantbruk, livsmedelsproduktion och markanvändning nämns i läroböcker i ovan nämnda ämnen.
- Undersöka hur lärare i ämnena biologi, geografi och hem och konsumentkunskap anser att begreppen livsmedelsproduktion, lantbruk och markanvändning tas upp i undervisningen?
- Undersöka vilken kunskap elever i grundskolans senare del, klass 9, har om lantbruk, livsmedelsproduktion och markanvändning.

### **Utförande**

#### **Delprojekt 1**

Projektet genomförs genom att aktuella styrdokumenterna går igenom och vid behov av förtydligande av dessa dokument intervjuar 1-3 personer på Skolverket eller Utbildningsdepartementet. Vid läsning av dokumenten kommer 2 aspekter att tas upp:

Förekomst av begreppen lantbruk, livsmedelsproduktion och markanvändning eller synonymier till dessa.

Anknytning till ovan nämnda begrepp samt om dessa ingår i resonemang om hållbar utveckling.



#### **Delprojekt 2**

Detta delprojekt inleds med en undersökning av relevant litteratur. När litteraturen är utvald kommer den att studeras ur tre aspekter:



- Förekomst av begreppen livsmedelsproduktion, lantbruk och markanvändning eller synonymer till dessa.
- Anknytning till ovan nämnda begrepp och resonemang om en hållbar samhällsutveckling.
- Undersökning av hur begreppen används, om det görs en problematisering av dem och i så fall på vilket sätt.

### ***Delprojekt 3***

Projektet genomförs i form av en enkätundersökning. Enkäter kommer att skickas till lärare som undervisar i grundskolans tidigare åldrar, klass 0-5 samt lärare som undervisar i grundskolans senare del i samhällsorienterande eller naturorienterande ämnen samt hem o konsumentkunskap, klass 6 – 9.



### ***Delprojekt 4***

Undersökningen kommer att göras genom intervjuer med omkring 20 elever i klass 9 i grundskolans senare del. Eleverna kommer att väljas ut från upp till fem olika skolor. Intervjuerna kommer att genomföras som semistrukturerade intervjuer.

Projektet sköts fram och kommer att genomföras under 2010 – 2011 till följd av ny läroplan och nya kursplaner för grundskolan under 2010.

***Tid:*** 2009-2011

***Finansiering:*** SLF

***Kontaktperson:*** Christina Lundström; 0511-67237,  
[christina.lundstrom@slu.se](mailto:christina.lundstrom@slu.se)

***Samarbete:*** Magnus Ljung, Institutionen för stad och land, SLU

## **Samverkan mellan skola och lantbruk – vilka erfarenheter finns?**

2004 till 2014 har utsetts av FN som decenniet för lärande om hållbar utveckling. Forskning visar att personer med stort miljöengagemang hänvisar detta till upplevelser i barndomen. Dagens barn och unga vet mycket om globala miljöhot, som är svåra både att begripa och påverka, samtidigt som de ofta har liten direktkontakt och förankring i miljön i sin omgivning. Många barn och ungdomar har också liten kunskap om livsmedelsproduktion, lantbruk och markanvändning, vilka är viktiga pusselbitar för en hållbar samhällsutveckling. Utomhuspedagogik och erfarenhetsbaserat lärande anses viktiga pusselbitar för lärande om hållbar utveckling. Kontakt med djur och natur, användning av alla sinnen, praktiskt arbete, problemlösning i samarbete med andra och platsens betydelse för lärandet poängteras. Ett lantbruk skulle kunna vara en plats för lärande om hållbar utveckling där många av dessa kriterier är möjliga att uppfylla. Det skulle också ge möjligheter att lära mer om var maten kommer ifrån och hur vi ska använda vår mark. Vilka erfarenheter finns beskrivna vetenskapligt och hur samverkar lantbruk och skola, med tyngdpunkt i Europa, Nordamerika och Australien?

### **Målsättning**

Syftet med denna undersökning är att ta del av beskrivna erfarenheter av samverkan mellan lantbruk och skola, främst i vetenskapliga artiklar.

Projektets centrala frågeställningar är:

- På vilka sätt förekommer samarbete mellan skola och lantbruk runt om i världen, med fokus på erfarenheter från Europa och Nordamerika?
- Vilka fördelar respektive nackdelar redovisas med avseende på elevernas lärande, sociala utveckling, samt hälsa och välbefinnande?
- Vilka fördelar respektive nackdelar presenteras ur lantbrukets synvinkel?

### **Utförande**

Projektet är en litteraturstudie där information har sökts både via databaser för vetenskapliga arbeten och via Google.

### **Resultat**

Intresset för utomhuspedagogik och erfarenhetsbaserat lärande är stort, framförallt med tanke på lärande om hållbar utveckling. Forskning visar att personer som tar miljöhänsyn ofta hade mycket kontakt med natur som barn. För att en person ska vara beredd att ta miljöhänsyn krävs kunskap, engagemang och känslan av att kunna påverka. Forskare anser att skolbarn bör arbeta med lokala miljöfrågor som går att överblicka, påverka och ger egna erfarenheter. Tvingas man känna delaktighet med hela världen kan man förlora känslan av delaktighet och ansvar för den lilla plats man

själv befinner sig på. Arbete med globala miljöhot kan få elever att känna hopplöshet och tvivel på att det man själv gör har betydelse. Lärande om hållbar utveckling måste handla om att ge barn hopp, framtidstro, kunskap, engagemang och vilja att agera på ett hållbart sätt. För att nå dit måste man börja i det lilla konkreta i kontakt med djur och natur.

Odling under längre tid ger barn insikter om sin roll och delaktighet i miljön. Miljön blir något som berör och går att påverka. Odling ger också övning i samarbete, långsiktighet, förståelse för årstidsväxlingar och kretslopp samt ett ökat intresse för att äta grönsaker. Maten är central. Alla äter



och maten påverkar miljön. Ett lantbruk kan ofta erbjuda möjligheter till kontakt med djur som föds, utfodras, slaktas och äts. Djuren behöver mat och omsorg, vilket får barn att känna sig behövda och ta ansvar. Matematik, geografi, språk, naturvetenskap och historia är några exempel på ämnen som kan relateras till det praktiska arbetet på gården. Eleverna lär av egna erfarenheter och med alla sinnen. Utomhuspedagogik startar ofta för att lära ämneskunskaper, medan sociala värdena är minst lika viktiga i efterhand. Att arbeta praktiskt tillsammans utanför klassrummet med gemensamma mål kan göra att man finner nya sidor hos varandra och man får gemensamma minnen och saker att relatera till.

Samarbeten mellan skola och lantbruk i form av studiebesök är utbredd på många håll i världen, bland annat Sverige, Danmark, Tyskland, Storbritannien. I USA arbetas med farm-to-school projekt över hela landet, med stöd från bland annat Michelle Obama. Syftet är att knyta mindre lantbruk som leverantörer till skolor och därmed kunna erbjuda bättre mat i skolorna, få barn att äta nyttigare och även att

gynna mindre lantbruk så att de ska kunna överleva.

I Norge har man tagit fasta på att ett samarbete mellan skola och lantbruk skulle kunna få stora konsekvenser för elevernas förankring i tillvaron och känslan av att bemästra saker. Genom praktiskt arbete på en gård i samverkan med varandra och lantbrukaren får barn insikter om mat, miljö, historia mm. Tanken är att klassrumsundervisningen sedan ska återkoppla till det praktiska arbetet på gården där barnen upplevt och erfart saker själva med händerna och med alla sina sinnen. Konceptet vänder sig både till alla barn i en klass eller till enstaka barn/mindre grupper med speciella behov. Barn med speciella behov tillbringar delar av skoltiden på gården och får arbeta praktiskt vilket bland annat kan ge erfarenhet av att bemästra saker och göra ett gott arbete som någon behöver. Det praktiska arbetet ger eleverna motivation att arbeta och förståelse för de teoretiska ämnena i skolan. Ingen vetenskaplig beskrivning av liknande projekt har hittats, varken i Norge eller någon annanstans, men arbetssättet stöds av flera centrala teorier för lärande såsom Dewey.



**Tid:** 2009-2010

**Finansiering:** SLF

**Kontaktperson:** Christina Lundström; 0511-67237,  
[christina.lundstrom@slu.se](mailto:christina.lundstrom@slu.se)

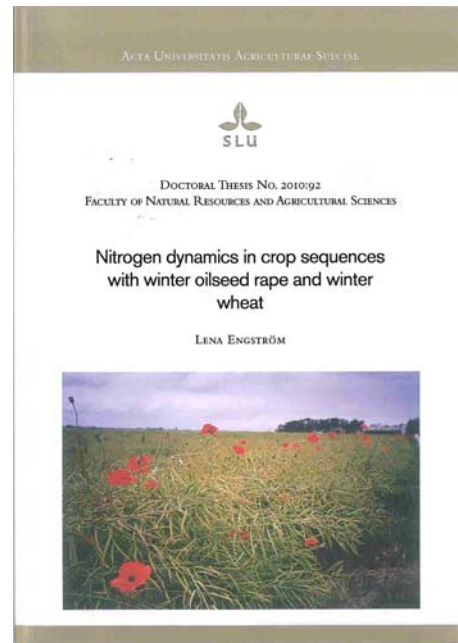
**Samarbete:** Magnus Ljung, Institutionen för stad och land, SLU

## Avhandlingar

Under 2010 försvarade Lena Engström sin avhandling:

Engström J. 2010. Nitrogen dynamics in crop sequences with winter oilseed rape and winter wheat. Acta Universitatis agriculturae Sueciae, nr 2010:92

**Kontaktperson:** Lena Engström 0511-671 41;  
[lengstrom@slu.se](mailto:lengstrom@slu.se)



## Undervisning

### **Agronomprogrammet**

Under 2010 har precisionsodling och pedometri ansvarat för precisionsodlingsundervisningen för mark/växtagronomstudenter, dels i en obligatorisk kurs i växtproduktion (20 hp) och dels i kursen "Marken i odlingen" (15 hp) som är en jordbruksinriktad markkurs på C-nivå som behandlar växtnäringslära, jordbearbetning, hydroteknik, vattenvårdslära och precisionsodling.

**Kontaktperson:** Sofia Delin 0511-67235 ;[sofia.delin@slu.se](mailto:sofia.delin@slu.se);

### **Uppdragsutbildning**

Under 2010 genomförde precisionsodling och pedometri i samarbete med universitetet för miljö och Biovidenskap i Ås, Norge en 15 hp distanskurs om "Gården som pedagogisk resurs". Kursen vände sig till landsbygdsföretagare och lärare och hade både svenska och norska deltagare.

Precisionsodling och pedometri deltog i och ansvarade för en del av kursen "Djurhållning, entreprenörskap och lärares nya arbetsformer". Kursen var på 30 hp och vände sig till lärare på naturbruksgymnasier som en del i Lärarlyftet.

**Kontaktperson:** Christina Lundström 0511-67237; [christina.lundstrom@slu.se](mailto:christina.lundstrom@slu.se)

## Övrig verksamhet

### *Lanna försöksstation*

Verksamheten vid Lanna startade redan 1929 som en av ett stort antal planerade statliga försöksgårdar. Huvudfrågeställningarna var från början hur lerjorden skulle odlas med utgångspunkt från bl.a. dränering, kalkning och stallgödselhantering. Idag är Lanna en modern försöksstation som ägs och drivs av SLU. Den tillgängliga försöksarealen är 155 hektar. Här bedrivs ett stort antal försök med huvudinriktning på långliggande försök som berör mark- och växtnäringsfrågor.

Redan tidigt anlades fasta försöksfält med separat dränering av försöksparcerer med möjlighet att mäta utlakningen, dvs. mäta avrinning och analysera innehållet i dräneringsvattnet. Efter successiv utbyggnad finns idag sex anläggningar på Lanna och en på Fotegården (lätjtjord), strax utanför Lidköping. Under 2010 har den senaste utbyggnaden med en helt ny anläggning med 20 stora parceller tagits i drift till försöksändamål. Totalt finns nu 64 stora (480-5000 kvm) försöksparcerer med separat dränering.

En likaså unik anläggning för kontinuerlig mätning av emissioner av växthusgasen lustgas finns på Lanna. Här bedrivs forskning i samarbete med Göteborgs universitet inom det s,k, ICOS, hur olika odlingsystem påverkar emissionerna

Huvudinriktningen är konventionell odling, men på 7 hektar odlas en sjuårig ekologisk växtföljd med möjlighet att utföra försök och demonstrationsodlingar i ekologisk odling. Dessutom utförs två långliggande försök med utlakningsmätningar i ekologisk odling (se nedan).

### **2010**

Under 2010 utfördes totalt 60 försök. Dessa fördelades enligt följande uppdelning på ”försöksavdelningar” vid SLU och är riks-

försök, länsförsök, distriktsförsök och beställningsförsök:

- Vattenvård	6
- Jordbearbetning	7
- Växtnäring	18
- Växtföljder	4
- Ogräs	1
- Sortförsök	21
- Växtskydd	3

Utöver traditionella försök har regelbundna vattenprovtagningar i avrinningsområden genomförts året runt för analys av växtnäringsämnen och växtskyddsmedel.



Figur 30. Flygbild över Lanna 2002.

**Tabell 7. Långliggande försök placerade på Lanna alternativt som Lanna ansvarar för.**

NR	Beteckning	Startår
RO-0646	Ekologisk odling - utlakningsrisker och kvävedynamik	1997
R0-0746	Ekologisk odling - utlakningsrisker och kvävedynamik	1997
R2-8418	Bearbetning - kväveminerisering	1996
R2-8419	Utlakning jordbearbetningssystem och vall, utlakning	2006
R2-8410	Höst- och vårgrödor, flytgödsel – utlakning (Fotegården, Vinninga)	2003
R2-4010	Olika bearbetningssystem, plöjning - plöjningsfritt	1974
R2-4017	Direktsådd	1982
R3-0020	Humusbalans - stråsäd	1981
R3-0021	Humusbalans vid vallodling	1981
R3-0056	Jämförelse mellan odlingssystem, utlakningsmätningar	1978
R3-130	Markbiologiska tillstånd (förstorat ”ramförsök”)	1996
R3-1001	Kalk- och fosforstudier	1936
R3-1001	Kalk- och fosforstudier	1941
R3-9001	Bördighetsstudier (Bjertorp)	1966
R4-1103	Växtföljder med och utan vall	1964
R5-1105	Långtidseffekter av herbicider	1979

### **Långliggande försök**

Vid Lanna försöksstation har sedan länge bedrivits försöksverksamhet med stor långsiktighet. Verksamheten är som redan sagts till stor del inriktad på mark- och växtnäringsspörsmål och odlingens påverkan på dessa. Dessa långliggande försök ingår i sam-

manställningen ovan. Samtliga långliggande försök finns med i tabell 7.

### **Personal**

På Lanna försöksstation finns sex helårsanställda, varav två arbetar med försöken, tre sköter jordbruksdriften samt en ansvarig för verksamheten. Till det kommer 1-2 säsongsanställda.

**Beställare / finansiering:** Huvuddelen av försöken beställs och utförs på uppdrag av SLU i Uppsala och Skara inom ramen för olika forskningsprojekt och långliggande försök. Värdeprövning av sorter och växtskyddsmedel utförs även på uppdrag av dessa beställare.

**Övriga samarbetspartners:** B.la. Försök i Väst, Svensk Raps, Länsstyrelsen, Göteborgs universitet och sortföretag.

**Kontaktpersoner:**

Johan Roland, 0510-530005, 070-5277139, [Johan.Roland@slu.se](mailto:Johan.Roland@slu.se)

Anders Grandin, 0510-530005, 070-6779987, [Anders.Grandin@slu.se](mailto:Anders.Grandin@slu.se)

## **Projekt på Lanna**

### ***Ny utlakningsläggning***

Under 2008 anlades ytterliggare en utlakningsanläggning på Lanna.

Anläggningen omfattar 20 stycken separat dränerade storparceller. Tack vare det stora antalet kan varje försöksled utföras med minst tre upprepningar, vilket innebär säkrare resultat.

Under 2009 provades anläggningen under ett s.k. utjämningsår och under 2010 har anläggningen använts till regelrätta försök

*Kontaktperson: Johan Roland. johan.roland@slu.se*

*Finansiärer: Sparbankstiftelsen Skaraborg och Sparbankstiftelsen Lidköping*

### ***Växtföljdsförsök***

Under 2007 startade två långliggande växtföljdsförsök på Lanna och Bjertorp och har under 2010 haft sitt fjärde försöksår.

I projektet ”*Hur ofta kan vi odla oljeväxter? Olika frekvenser av höstraps i en växtföljd – inverkan på avkastning och sjukdomsangrepp*” är tanken att belysa hur ofta man kan återkomma med höstraps i en växtföljd utan att riskera främst ökade sjukdomsangrepp med sänkt avkastning som följd. Avsikten är att försöken ska ligga minst sex år, men med ambition att förlänga liggtiden till tolv år.

*Kontaktperson: Johan Roland. johan.roland@slu.se*

*Finansiärer: Stiftelsen Svensk Oljeväxtforskning och Västra Sveriges Frö- och Oljeväxtodlare*



## Precisionsodling Sverige (POS)

Verksamheten inom POS bedrivs huvudsakligen som en kompetensplattform för tillämpad forskning och utveckling av precisionsodling inom Sverige och är ett forum för samverkan mellan personer inom näringsliv, universitet och högskolor samt berörda organisationer. Verksamheten har tre huvudinriktningar. Teknikprövning som vägledning för lantbruket, forskning och utveckling samt kunskapspridning till lantbrukare och rådgivare.

### Målsättning

POS övergripande målsättning är att:

- ◆ Förbättra det svenska jordbrukets ekonomi och konkurrenskraft, som en effekt av forskning och utveckling inom precisionsodlingen.
- ◆ Nå en mer hållbar produktion med minskad miljöpåverkan och högre kostnadseffektivitet genom ett bättre utnyttjande av lantbrukets resurser och insatsmedel.
- ◆ Förbättrad kvalitetsstyrning för att nå en god skörd med jämn och efterfrågad kvalitet genom större precision i olika odlingsåtgärder.

POS finansierar tre personer inom projektet. Det är en teknikkompetens, (Knud Nissen), en GIS kompetens (Mats Söderström) samt en samordnare (Christina Lundström). Verksamheten styrs och beslutas via en styrgrupp och en projektgrupp. Projektledare för POS är Bo Stenberg, SLU.

POS styrgrupp bestod 2010 av Ulf Hallén, LRF (ordförande); Mats Emilsson, Agroväst; Magnus Börjesson, Agroöst; Anders Andersson, Yara; Torbjörn Djupmarker, Dataväxt AB; Bo Stenberg, SLU Skara; Kjell Gustavsson, Agroväst; Lennart Nelson, JTI och Ingemar Gruvareus Svalöf Weibull AB.

### Verksamhet 2010

- POS projektgrupp träffades vid fyra tillfällen under året.
- POS styrgrupp träffades vid två tillfällen under året.
- POS tog fram en ny rådgivningsmodul om precisionsodling åt Greppa Naringen under året. I samban med denna genomfördes två kursdagar för rådgivare.
- POS genomförde två tvådagars kurser under året för rådgivare och lantbrukare, en i Örebro och en i Halland.

- POS hade kurser för lärare på naturbruksgymnasier i Västra Götalands regionen.
- POS deltog på Borgeby Fältdagar, Logårdens lantbrukardag och på Elmia fält och maskin.
- POS deltog i undervisning av studenter på SLU.



Figur 31. POS på Borgeby fältdagar





Figur 32. POS på Elmia maskin och fält

### Projekt

Under 2010 genomfördes eller startades projekten:

- Hackning med precision, kamera eller GNSS?
- Kompletterande studie med Mullvaden i område med extrem kadmiumhalt
- Onlinemätning av växtnäring i flytgödsel
- Interpolerade markkartor – några riktlinjer

### Publikationer

Under 2010 har följande rapporter givits ut i POS rapportserie. Rapporterna finns att hämta på <http://www.slu.se/mark/>

Nr 21: Söderström, Mats (2010) *Interpolerade markkartor*: några riktlinjer. Teknisk rapport (Precisionsodling Sverige, Institutionen för mark och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet).

Nr 22: Lundström, Christina [redaktör] (2010) *Verksamhet i AGROVÄST-projektet Precisionsodling Sverige, POS, 2009*. Teknisk rapport (Precisionsodling Sverige, Institutionen för mark och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet).

För mer information om POS och dess verksamhet: Gå in på POS hemsida [www.agroväst.se/precision](http://www.agroväst.se/precision)

**Kontaktperson:** Christina Lundström 0511-67237  
*christina.lundstrom@slu.se*

**Finansiering:** Under 2010 har POS finansierat sin verksamhet med hjälp av AGROVÄST, Lantmännen AB, Yara AB, Kraftsamling Växtodling, Greppa näringen, SL och VL stiftelserna, Västra Götalands Naturbrukskansli samt Jordbruksverket

## English summaries to presented projects

### ***New methods for measuring nitrogen value of organic fertilisers***

The aim with this project is to find useful methods to value the nitrogen fertilisation effects of different residues by comparing potential methods with the nitrogen fertilisation effect in pot experiments. The C/N-ratio was found useful, in contrast to warm water extractable N. NIR was found to have a potential for more rapid measurement.

Contact: Sofia Delin; [sofia.delin@slu.se](mailto:sofia.delin@slu.se)

### ***Phosphorous fertilisation effects from different residues***

The aim with this project is to estimate the first year effect of phosphorous of a large number of residues with different characteristics in pot experiments and compare these effects with P<sub>AL</sub> effects on soil and different phosphorous extractions on the residues.

Contact: Sofia Delin; [sofia.delin@slu.se](mailto:sofia.delin@slu.se)

### ***Nitrogen management strategies in organic oil seed rape (*Brassica napus* L.) production – influence of previous crop and site on yield***

Oil seed rape is a crop with a large demand of nitrogen but also a crop leaving large amounts of mineral nitrogen in the soil at harvest. Knowledge about the demand of a crop and the profitability of fertilization under different conditions, as well as the influence of different previous crops, are insufficient. The objective of this project was to generate recommendations for precrop and site adapted nitrogen supply in organic oil seed rape using selected analytical methods to improve the tools needed by advisors and farmers to predict the nitrogen demand and suggest a management strategy. Twelve field experiments were carried out on different soils all over southern Sweden. The results showed high variation in seed yield between sites and will be further analyzed and reported during 2011.

Contact: Maria Stenberg; [maria.stenberg@slu.se](mailto:maria.stenberg@slu.se)

### ***Optimum N fertilization in spring of winter oilseed rape and the impact of N uptake in autumn, soil N mineralization after spring and yield***

The aim of this study is to describe the impact of N uptake in autumn of winter oilseed rape, plant available soil N after spring and yield on optimum N rate in spring to winter oilseed rape. The results should contribute to optimising N fertilisation in spring to winter oilseed rape and therefore reduce N-losses after harvest.

Contact: Lena Engström; [lengstrom@slu.se](mailto:lengstrom@slu.se)

***Nitrate leaching at different nitrogen fertilisation rates in spring oats***

The aim of these two projects is to get a better picture of how nitrogen leaching is affected by fertilisation depending on grain yield response on a sandy and a clay soil. The project on sandy soil is completed and the results indicate no significant increase in nitrate leaching from higher fertilisation levels, as long as the yield response was at least 10-15 kg grain per kg N applied with fertiliser. At larger fertilisation rates the leaching increased exponentially with fertilisation rate. A similar pattern is seen on the clay soil, but with much lower leaching levels.

Contact: Sofia Delin; [sofia.delin@slu.se](mailto:sofia.delin@slu.se)

***Nitrate leaching after different times of dairy cattle slurry application to ley***

Nitrate leaching is measured after application of dairy cattle slurry in early autumn (September), late autumn (November) and spring (April) to forage grass or grass-clover mixture ley. The first year results indicate a marked, but not statistically significant, risk of higher nitrate leaching with slurry application in autumn, especially with late application to leys containing clover.

Contact: Sofia Delin; [sofia.delin@slu.se](mailto:sofia.delin@slu.se)

***Gaseous nitrogen emissions from clay soil are dependent on time for primary tillage***

Soil tillage under wet conditions can have negative consequences on the soil structure, especially on clay soils. This may result in decreases in crop growth and thereby nitrogen (N) uptake causing increased levels of soil mineral N during periods with no crop N uptake. A more dense soil structure as well as increased amounts of nitrate could give increased losses of N by leaching or by gaseous emissions. Declining grain yields during almost ten years of mouldboard ploughing in late autumn (November) under wet conditions compared with ploughing in September when the soil still is dry raised the question if deteriorated soil structure increases nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emissions. Measurements on N<sub>2</sub>O emissions, carried out by manual chambers from a Swedish long-term field experiment with early and late mouldboard ploughing compared with tine cultivation as primary tillage, indicated higher emissions from the treatment without ploughing compared with the other two treatments.

Contact: Maria Stenberg; [maria.stenberg@slu.se](mailto:maria.stenberg@slu.se)

### **Development of an integrated environmental and production index for phosphorus (EPI)**

The intention is to develop and apply an integrated environmental and production index (EPI) for estimation of P requirement within fields. The basis is the current P recommendations which should be expanded to include factors important for assessment of risk for P loss. These factors should preferably be easy to measure to facilitate the practical implementation and it should be possible to apply it site-specifically. The goal is an optimization of the P management within fields where both risk for P loss and high production is considered.

Contact: Mats Söderström; [mats.soderstrom@slu.se](mailto:mats.soderstrom@slu.se)

### **Identifying critical source areas and transport pathways for phosphorus**

Diffuse losses of P from arable land continue to be a serious threat to our lakes and streams. A major reason for this is failure to recognize the role played by small hydrologic source areas that allow rapid transport of P to surface waters. In this project we will use remote and proximal sensing techniques combined with a conceptual hydrologic model to identify critical source areas and dominant flow pathways for P losses to surface water.

Contact: Mats Söderström; [mats.soderstrom@slu.se](mailto:mats.soderstrom@slu.se)

### **Soil mapping in three dimensions**

Soil moisture controls important processes in agricultural soils, such as nutrient mineralization, pathogen activity and risks for nutrient leakage and greenhouse gas emissions. The soil moisture dynamics depend not only on the topsoil but also on the properties of deeper layers in the soil profile. For modeling purposes, there is a need for detailed information of soil properties, not only in two, but in three spatial dimensions (3D). In the present study, a multi-sensor approach to estimate soil type at different depths was tested. The study was based on the hypothesis that integrated datasets from multiple sensors/sources with different depth responses will enable individual calibrations for soil layers of different depths. Data from sensors for gamma ( $\gamma$ ) radiation and dual depth electrical conductivity (ECa) was combined with elevation and surface reflectance data from aerial photography. Partial Least Squares Regression (PLS) was performed individually for seven 0.1 m depth intervals between 0 and 0.7 m depth. Five different sets of sensor variables were used as independent variables and the dependent variable was clay content. The number of samples (i.e. the soil sampling locations) was ten ( $n=10$ ). Some tendencies were observed from the preliminary results. For example, the dataset containing all data seemed to be superior to variable sets based on single sensors and performed well at both shallow and deep layers but not for intermediate layers. In 2011, the number of reference samples will be increased. The study also aims at developing a method for spatiotemporal prediction of soil moisture based on 3D soil data and soil water monitoring at a few strategic locations in the field.

Contact: Kristin Piikki; [kristin.piikki@slu.se](mailto:kristin.piikki@slu.se)

### **Rapid site-specific measurement of harvest limiting physical soil properties**

In order to be able to successfully adapt cultivation operations in precision agriculture is not enough to assess crop variations from for example N-sensor measurements or yield maps. These only indicate the historical outcome, but says nothing about causes. Relationships between yield and soil physical parameters, especially variations in the subsoil, is very little studied. Nevertheless, it is reasonable to assume that the yield limiting factors in many cases can be found in the subsoil among physical parameters, particularly those that affect water availability and the ability of roots to penetrate the soil.

Contact: Bo Stenberg; [bo.stenberg@slu.se](mailto:bo.stenberg@slu.se)

### **Optimization method for analyzing the organic matter and clay content with near infrared reflectance spectroscopy (NIR)**

We know that general calibrations for NIR determination of clay content can be done in the lab (dried and ground samples), but also that it does not work as well to measure organic matter content. This is despite the fact that organic matter provides direct absorption bands in the near infrared region. We have previously shown that a high content of sand and coarse silt can interfere with calibrations and that they would perform well only for relatively clayey soils. Apparently humic substances absorption bands are weak in the NIR spectrum from mineral soils. However, there are other studies showing that the organic matter content is better predicted if the visible spectrum (350-780 nm) is included. One reason for this is considered to be that the brightness of the sample is an important feature in the visible range. But despite the fact that a soil is darker, the more humus it contains, also texture, mineralogy, and especially the humidity influence the darkness. In some studies analyzing somewhat moist soils has improved calibration performance. Water absorbs very strongly in the NIR region and high moisture levels tend to overshadow other absorption bands in adjacent overlapping bands. Similarly, the NIR region is sensitive to light scattering effects, which means that a sample with a rough structure reflects less. With careless mixing of soil samples finer particles will fall down and the surface structure becomes coarser. NIR spectroscopy penetrate the sample very little and this stratification of the sample could also affect the representativity of spectra if the stratification also involves the chemical and physical composition of the soil.

Contact: Bo Stenberg; [bo.stenberg@slu.se](mailto:bo.stenberg@slu.se)

### **Decision support for nitrogen fertilization in real-time based on sensor data, databases and model simulations – information fusion in precision agriculture**

A large amount of data is generated within the field of Precision Agriculture (PA). One of the challenges in PA is that much of the data is collected in diverse systems and more formats than it will be used in. Today, data collected in real-time is usu-

ally not combined with other kinds of data when performing estimations of, e.g., crop nitrogen (N) demand. If improving communication between different data sources and enabling model simulations in real-time, it is likely that cultivation inputs could be optimized to gain both environment and production results. The aim of this project is to develop real systems for N fertilization based on economy and environmental criteria that can handle models, sensors and databases in real-time regarding robustness, speed and precision. Two mechanistic soil-and-crop models are being evaluated in terms of functionality and usefulness in PA. In a two-year field experiment, carried out at a field at Bjertorp farm (N 58°15,7 E 13°6,7), the most suitable model will be compared and combined with Yara N-sensor measurements of N-demand. The purpose is to let N-sensor data adjust the model based on real-time estimations of crop N uptake and hence improve decision support for N application.

Contact: Lina Nolin; [lina.nolin@his.se](mailto:lina.nolin@his.se)

### ***Risk mapping for cadmium in arable soil and crops***

Regional potential risk maps for Cd in arable soils were generated from aerial gamma-ray spectrometry measurements combined with geological maps of bed-rock and Quaternary deposits in two areas with frequent high Cd levels in national surveys. Sampling of soil and crops were directed to different parts of the regional risk map for calibration and validation. The spatial variation in Cd in the studied areas was considerable according to the risk classification and many farms comprise high and low Cd areas. A ground-based gamma-ray sensor was used for detailed mapping in high Cd risk areas. This technique could be useful for farmers to locate farms and fields where special consideration must be taken to reduce the risk of high Cd in crops.

Contact: Mats Söderström; [mats.soderstrom@slu.se](mailto:mats.soderstrom@slu.se)

### ***Variation in the soil in field trials - how can we quantify and how can we handle the variation?***

With different techniques, such as EM38, UAV and N-sensor, we can measure and register the variation in the soil. The possibility to take this variation in account can be useful in planning new field trials and to choose new places in field for the trials.

Contact: Johan Roland; [johan.roland@slu.se](mailto:johan.roland@slu.se)

### ***Digital time travels***

The research and development project Digital Time-Travels: New Strategies for Archaeology and Cultural Heritage Management? is an interdisciplinary collaboration-project involving three different universities in West Sweden. The composition of the project aims at promoting a balance between different archaeological-historical sciences, natural science, pedagogy and technological research and development. Our main focus has been on the development of a multimedial landscape model of the Göta älv river valley during the last 12000 years designed to

allow the audience to use their sight, hearing and tactile senses to perceive a simulated landscape history.

Contact: Mats Söderström; [mats.soderstrom@slu.se](mailto:mats.soderstrom@slu.se)

### **Biological Soil Mapping (BioSoM)**

The aim of BioSoM is to establish the scientific foundation for an in practice useful biological soil mapping of soil borne pathogens to be used by farmers to optimize crop production. New detection methods based on DNA-technologies makes it possible to determine infestation levels of many organisms in soil. Specific and quantitative Methods are developed and validated based qPCR including: *Sclerotinia sclerotiorum*, *Verticillium longisporum*, *Plasmodiophora brassicae*, *Aphanomyces euteiches*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium culmorum*, *Cylindrocarpum destructan* and *Phoma exigua*.

Contact: Anders Jonsson [anders.jonsson@slu.se](mailto:anders.jonsson@slu.se)

### **Automatic counting of insects for site-specific control**

Many insects attack our crops and give serious damages. They are often controlled in a preemptive way, sometimes resulting in a unnecessary high use of insecticides. Grading of insects is difficult and time consuming. A new automatic technique is being developed based on an electric detection combined with attractive substances and modern informations technologies. Test crops are rape seed, peas and apple production and *Meligethes aeneus* *Cydia nigricana* and *Cydia pomonella*, respectively.

Contact: Anders Jonsson [anders.jonsson@slu.se](mailto:anders.jonsson@slu.se)

### **How does the educational system in Sweden deal with food, farming and land management?**

Food, farming and land management are central issues for a sustainable development. The school has an important role in educating and fostering our children to responsible consumers and decision makers. This project will study how the curriculum and textbooks in biology, geography and house economics deal with questions about food, farming and land management. Teachers and pupils experiences and knowledge will also be analyzed by questionnaires and interviews.

Contact: Christina Lundström; [christina.lundstrom@slu.se](mailto:christina.lundstrom@slu.se)

### **Cooperation between schools and farms – what are the experiences?**

This project was a literature study. The aim of the project was to describe experiences of out-door education in general and specially of outdoor education on farms. In what ways does cooperation between farms and schools exist and what are the effects for the students?



Contact: Christina Lundström; [christina.lundstrom@slu.se](mailto:christina.lundstrom@slu.se)

### **Lanna – Experimental station and farm**

The experimental station at Lanna was established in 1929. Lanna is situated about 120 km in north-east direction from Gothenburg. The cultivated area of the farm is about 155 hectares. The soil, with a rather high content of clay, is typical for a big area in the west part of Sweden. In 2010 there were about 60 different field trials carried out at about 30 hectares. The majority of those are longterm trials (the oldest are from 1936). There are five different installations with big field plots to measure the leaching nutrient at different conditions such as crop rotations, fertilizing, catch crops etc.

Contact: Johan Roland; [johan.roland@slu.se](mailto:johan.roland@slu.se)

### **POS (Precision agriculture Sweden)**

The POS' objective is to favour Swedish agriculture by finding knowledge and adapt technology for precision agriculture that leads to improved farm economy, improved product quality, increased efficiency of the use of farm inputs and reduced pollution of the environment. Three persons - working with GIS, technology and project coordination - are partly employed within the project. In addition, a number of people from different organisations with several areas of interest work within the project. Farmers, universities, farmers' organisations, authorities and commercial companies are represented. POS is a network with a broad competence in which research and practice work in close and informal collaboration.

Contact: Christina Lundström; [christina.lundstrom@slu.se](mailto:christina.lundstrom@slu.se)

## Publikationer 2010

### Artikel vetenskaplig tidskrift

Aronsson, H., Stenberg, M. 2010. Leaching of nitrogen from a 3-yr grain crop rotation on a clay soil. *Soil Use and Management* 26, 274–285. (2,03)

Dahlin, A.S., Stenberg, M. 2010. Cutting affects the amounts and allocation of symbiotically fixed N in green manure leys. *Plant and Soil* 331, 401–412. DOI:10.1007/s11104-009-0261-1 (2,52)

Dahlin, A.S., Stenberg, M. 2010. Transfer of N from red clover to perennial ryegrass in mixed stands under different cutting strategies. *European Journal of Agronomy* 33, 149–156. DOI:10.1016/j.eja.2010.04.006. (2,42)

Delin S. and Engström L. 2010. Timing of organic fertiliser application to synchronise nitrogen supply with crop demand. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B, Soil and Plant Science* 60, 78–88. (0,46)

Dubas E. Marzec K., Płazek A. 2010. Cytological studies on *Microdochium nivale* infection in *Lolium perenne* (L.) plants, *Advances of Agricultural Sciences Problem Issues* 545, Warszawa 2010. (?)

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*, Vol. 76, No. 7, 2243–2250. (3,69)

Stenberg, B., 2010. Effects of Soil Sample Pretreatments and Standardised Rewetting as Interacted with Sand Classes on Vis-NIR predictions of Clay and Soil Organic Carbon. *Geoderma*, 158: 15–22. (2,46)

Stenberg, B., Viscarra Rossel, R.A., Mouazen, A.M. and Wetterlind, J., 2010. Visible and near infrared spectroscopy in soil science. *Advances in Agronomy*, 107: 163–215. (3,80)

Söderström, M., Börjesson, T., Pettersson, C.G., Nissen, K. & Hagner, O. 2010. Prediction of protein content in malting barley using proximal and remote sensing. *Precision Agriculture*, 11:587–599. (1,00)

Ulén, B., Aronsson, H., Bechmann, M., Krogstad, T., Øygarden, L., Stenberg, M. 2010. Soil tillage actions against phosphorus erosion and leaching together with potential side effects – a Scandinavian review. *Soil Use and Management* 26, 94–107. (2,03)

Wetterlind, J. and Stenberg, B., 2010. Near infrared spectroscopy for within-field soil characterisation – Small local calibrations compared with national libraries spiked with local samples. *European Journal of Soil Science*, 61: 823–843. (2,13)

Wetterlind, J., Stenberg, B. & Söderström, M. 2010. Increased sample point density in farm soil mapping by local calibration of visible and near infrared prediction models. *Geoderma* Vol. 156, No. 3–4, 152–160. (2,46)

Önneby K., Jonsson A., Stenström J. 2010. A new concept for reduction of diffuse contamination by simultaneous application of pesticide and pesticide-degrading microorganisms. *Biodegradation* vol. 21:21–29. (1,83)

**Bokkapitel**

Stenberg, B. and Rossel, R.A.V., 2010. Diffuse Reflectance Spectroscopy for High-Resolution Soil Sensing. In: R.A. Viscarra Rossel, B.A. McBratney and B. Minasny (Editors), Proximal Soil Sensing. Progress in Soil Science. Springer, London, pp. 29-47

Söderström, M. & Eriksson, J. 2010. Gamma-ray sensing for cadmium risk assessment in agricultural soil and grain – a case study in southeastern Sweden. In: Viscarra Rossel, R.A et al. (eds.). Proximal Soil Sensing, Progress in Soil Science I, Springer Science+Business Media B.V, 333-342.

**Konferensbidrag / Proceedings**

Lundström, C. & Ljung, M. 2010. A storyline with farming as the basis for learning about sustainable development – experiences gained from a pilot-project. Presenterad vid konferensen: Wissenschaftliche Fundierungen des Lernens auf dem Bauernhof. 10-12 juni. Altenkirchen, Tyskland

**Rapport**

Delin, S., Stenberg, B. Nyberg, A. & Brohede, L. 2010. Potentiella mätmetoder för att uppskatta kvävegödslingsvärdet hos organiska gödselmedel. Institutionen för mark och miljö, Rapport 6, 20 s.

Eriksson, J., Mattsson, L. & Söderström, M. 2010. Tillståndet i svensk åkermark och gröda. Naturvårdsverket, rapport 6349. 129 s.

Lundström, C. 2010. Samverkan mellan skola och lantbruk : utomhuspedagogik för hållbar utveckling! : en litteraturoversikt. Precisionsodling (Online). 2010:2

Lundström, C. [redaktör] 2010. Precisionsodling 2009 : precisionsodling och pedometri. Precisionsodling (Online). 2010:1

Lundström, C. [redaktör] 2010. Verksamhet i AGROVÄST-projektet Precisionsodling Sverige, POS, 2009. Teknisk rapport (Precisionsodling Sverige, Institutionen för mark och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet). 22

Stenberg M. 2010. Reducerad jordbearbetning på rätt sätt – en vinst för miljön! Jordbruks-verket. Rapport 2010:36.

Stenberg, M., Söderström, M., Gruvaeus, I. 2010. Onlandplöjning på lerjord – kan vi förbättra markstrukturen? Hushållningssällskapet Skaraborg, Skara. HS rapport 2/10.

Söderström, M. 2010. Interpolerade markkartor. POS Teknisk rapport 21. Institutionen för mark och miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet. 20 s.



Titlar utgivna i serien Precisionsodling:

- 2008:1. Sofia Delin och Lena Engström, Kvävemineringsförlopp efter gödsling med organiska gödselmedel vid olika tidpunkter.
- 2008:2. Börje Lindén, Flytgödselspridning på hösten: möjligheter att minska kväveutlakningsriskerna genom olika åtgärder i växtodlingen - Litteraturöversikt: kunskapsläge och kunskapsluckor.
- 2008:3. Emma Eriksson, Markkartering anpassad för precisionsodling.
- 2008:4. Sofia Delin, Kvävemineringsförlopp och inverkan på skörd efter gödsling med fjäderfägödsel
- 2008:5. Lena Engström, Börje Lindén, Helena Aronsson och Maria Stenberg Höstraps och ärter i växtföljden - metoder att minimera den större N-utlakningsrisken
- 2009:1. Christina Lundström (red.) Precisionsodling 2008 - Precisionsodling och pedometri
- 2009:2. Erik Jönsson. Kvävemineringsförlopp från stallgödsel beroende på olika grad av inblandning i mark.
- 2009:3. Johan Roland, Christina Lundström och Anna Nyberg. Jämförelser mellan jordbearbetningssystem på lättlera och styv lera – Produktion och risk för kväveförluster i två försök med sexåriga växtföljder
- 2009:4. Christina Lundström och Magnus Ljung. En storyline om hållbar utveckling med lantbruk som utgångspunkt – Lärares och elevers upplevelser
- 2010:1. Christina Lundström (red.) Precisionsodling 2009 - Precisionsodling och pedometri
- 2010:2. Christina Lundström. Samverkan mellan skola och lantbruk – utomhuspedagogik för hållbar utveckling! En litteraturöversikt
- 2011:1. Christina Lundström (red.) Precisionsodling 2010 - Precisionsodling och pedometri

## **Institutionen för mark och miljö, SLU, Skara,**

**Precisionsodling och pedometri** bedriver forskning med precision i odlingen som mål. Detta forskningsarbete tar sikte på att utveckla metoder för bättre utnyttjande av markens resurser samt styrning av processer som inverkar på grödornas tillväxt, framför allt genom bättre växtnäringshushållning, bl.a. platsspecifikt för tillämpning inom precisionsjordbruket.

Forskning bedrivs främst i fältstudier och fältförsök. Huvudsyftet med denna forskning är att förstärka den ekonomiska uthålligheten i svenskt lantbruk genom att förbättra grödornas avkastning och jordbruksprodukternas kvalitet och samtidigt utnyttja våra naturliga tillgångar på ett miljövänligt och resursbevarande sätt. Forskning, utbildning och information präglas av helhetssyn och sker i nära samarbete med näringsliv, myndigheter och rådgivning.



### **Sveriges lantbruksuniversitet**

Institutionen för mark och miljö  
Precisionsodling och pedometri  
Box 234, 532 23 SKARA  
Internet: <http://www.slu.se/mark>