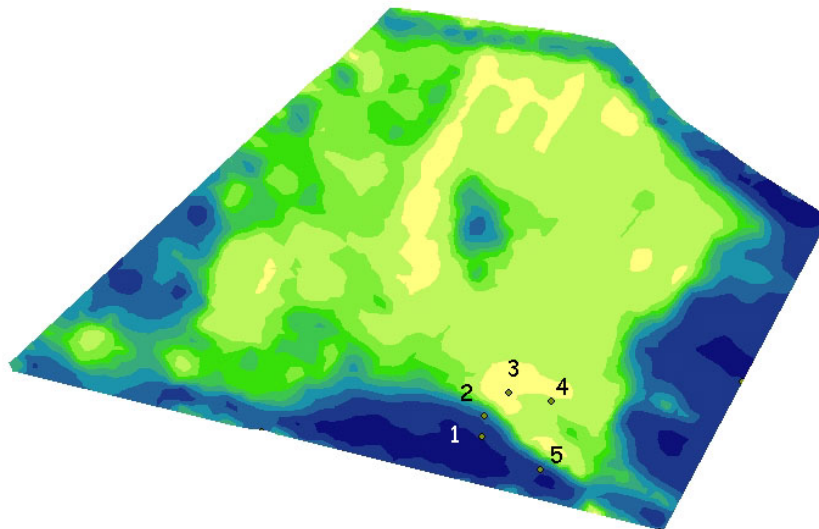




Beståndstäthet tidigt på våren i
höstvetete – *samband med topografi,
förrådskalium, skörd, Yara N-sensor-
och NIR-mätningar*



Lena Engström, Thomas Börjesson och Börje Lindén

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	3
Inledning	4
Material och Metoder	5
Parametrar på skifte 9	5
Mätningar med NIR-instrument	5
Mätningar med Yara N-sensor	6
Resultat och diskussion	6
Samband mellan olika parametrar på skifte 9 år 2003	6
Mätningar med NIR-instrument	11
Mätningar med Yara N-sensor	13
Slutsatser	15
Litteratur	15

Inledning

Predikering av olika egenskaper hos en växande gröda görs idag med fjärranalysteknik med hjälp av Yaras traktorburna N-sensor. Den bygger på att reflektionen i det synliga och nära infraröda våglängdsområdet från grödan registreras och man kan på så sätt få uppgifter om grödans biomassa på olika delar av ett fält. Detta används kommersiellt för att registrera skillnader i kvävegödslingsbehov mellan olika fältdelar framförallt inför tidiga eller sena kompletteringsgivor (DC31-49) men även vid gödsling inför stråskjutningen (DC30). Att styra insatser eller odlingsåtgärder efter de varierande förhållandena inom ett skifte kallas precisionsodling eller växtplatsanpassad odling och är ett sätt att hushålla med dyra resurser som gödselkväve och därmed också undvika överoptimal gödsling som kan orsaka liggsäd och ökade kväveförluster. Inom precisionsodling syftar man till att anpassa insatser efter grödans behov och förutsättningar. Om ett fält har stor variation i beståndstäthet tidigt på våren finns det troligen varierande behov av insatser inom fältet. Enligt gällande rekommendationer är det mängden skott per m² på våren som avgör om man ska tillföra en bestockningsgiva till höstvetete eller ej på ett skifte. En sådan giva rekommenderas vid mindre än 500-600 skott per m² tidigt på våren. Genom anpassad kvävegödsling redan på tidigt stadium skulle man också kunna utjämna skillnader i beståndet på fältet och få jämnare skörd och mindre liggsäd. Att kunna bestämma beståndstätheten med hjälp av en väl korrelerad parameter, som dessutom är lätt att mäta, vore önskvärt eftersom skotträkning för hand i fält är en mycket tidskrävande metod, speciellt om man vill gradera variationen i skottantal inom fältet.

Syftet med denna studie var att på ett fält undersöka samband mellan antal skott per m² tidigt på våren och parametrarna förrådskalium (K-HCl), topografi, skördenivå under tidigare år och biomassa tidigt på våren (innan stråskjutningen) mätt med Yara N-sensorn. Detta skulle kunna ge information om varför och hur ett bestånd varierar inom fältet och vilket samband det har med skörden. I denna rapport sammanställs även resultaten från ett antal försök där mätningarna med NIR- och N-sensorer (handburna) gjorts för att undersöka sambandet med varierande beståndstäthet i höstvetete på våren. Syftet med mätningarna var att finna eventuellt samband mellan spektrum och antal skott per m² tidigt på våren och därmed i framtiden kunna förutsäga beståndstätheten. Detta skulle kunna bli ett hjälpmedel för att avgöra hur beståndet varierar inom ett fält och därmed vilka områden där kväve tidigt på våren i form av en bestockningsgiva eller startgiva är motiverat.

Material och Metoder

Parametrar på skifte 9

På skifte 9 (27 ha) på Bjertorp, Vara, bestämdes positionen på fem platser i en höstvetegröda med hjälp av ett GPS-instrument (Globalt positioneringssystem) den 7 april 2003. Skotträkning gjordes vid samma tidpunkt på 4 stycken 0,25 m² stora rutor på varje plats för att bestämma antal skott/m². Platserna var uttagna så att de skulle representera olika grad av beståndstäthet som fanns på fältet. Positionsdata överfördes till en datafil (shapefil) som sedan användes i dataprogrammet "ArcGIS". En dräneringskarta över skiftet georefererades med hjälp av dessa punkter. De tre parametrarna biomassa tidigt på våren (mätning med N-sensorn något sent, DC30, 8 maj), K-HCl i marken enligt tidig emarkkartering, tidigare skördenivå (endast skörd från 2001 tillgänglig) beräknades i form av punktdata på shapefiler. Uppgifter om topografin på skiftet togs från dräneringskarta genom att i en ny shapefil i kartprogrammet "Arcmap" lägga in alla höjdpunkter på fältet. Kartor gjordes över de olika parametrarna genom interpolering med hjälp av kriging (Burrough & McDonell, 1997), figur 1-4.

För att få fram värden på parametrarna i de fem punkterna gjordes en interpolering för dessa kända platser för varje parameter. Dessa värden redovisas i tabell 1. Regressions- och korrelationsanalys gjordes i Excel med varje parameter och antal skott/m². Med hjälp av regressionsekvationerna skapades sedan en interpolerad skottkarta genom att biomassa, K-HCl- och topografi-kartorna gjordes om till rasterformat, varefter "Spatial Analyst"-funktionen "Raster Calculator" användes.

Mätningar med NIR-instrument

I tre försök med höstvetete (A, B och C) räknades antal skott per m² tidigt på våren och dess NIR-spektrum mättes vid samma tidpunkt. Mätningar av den nära infraröda reflektansen (NIR) från grödan gjordes med en bärbart NIR-instrument, Spectroradiometer, VIS/NIR 350-2500 nm (FieldSpecProFR, ASD Inc., USA, Co). NIR-mätningarna gjordes på fem platser i varje försöksruta eller punkt. Antal skott räknades i två sårader på en sträckmeter vardera d.v.s. på 0,24 m² i varje försöksruta/punkt. Försök A och B, som låg på Lanna försöksstation, Saleby, var regelrätta slumpade blockförsök med bruttorutor på 34 m² i varje led. I försök A fanns 7 led och 4 block medan försök B hade 4 led och 4 block. Försök C, som låg på skifte 19 på Bjertorp, Vara, utgjordes av ett område på ca. 0,5 ha på ett fält där 29 försökspunkter slumpmässigt markerats. Alla mätningar gjordes den 3 och 4 april 2002 när höstvetet var i bestockningsstadium, DC 21-25.

Statistiska analyser utfördes i programmet "Unscrambler 7.6". Principalkomponentanalys (PCA) med 10 principalkomponenter gjordes för alla försök var för sig och alla försöken sammanslagna. Partiell minsta – kvadratregression (PLS) utfördes med korsvalidering som test av modellen. Den uppmätta reflektansen gjordes om till absorbans och dessa våglängder användes sedan vid statistikberäkningarna.

Eftersom det för praktisk drift är önskvärt med förenklade och billigare instrument undersökte vi möjligheterna att reducera antalet våglängder. Detta gjordes genom analys enligt "jackknifning" i statistikprogrammet (Westad, F. & Marters, H. 2000).

Mätningar med Yara N-sensor

Mätningar gjordes i de ovan beskrivna försöken (A, B och C) den 3 och 4 april 2002 och på skifte 1a och skifte 21, Bjertorp, Vara, den 27 april 2006 då höstvetet var i besockningsstadium, DC 21-25. En handburen N-sensor användes för registrering av grödans ljusreflektion. Vid mätning erhålls data för 60 våglängder med ett intervall på 10 nm mellan 400 och 1000 nm. Mätningar gjordes från fyra olika håll vinkelrätt mot varandra i varje enskild försöksruta/plats. Skotträkningen utfördes i alla försöken som i beskrivningen ovan. I undersökningarna 2006 på skifte 1a och 21 gjordes mätningar på 14 respektive 16 platser. Statistiska analyser gjordes i programmet "Unscrambler 7.6", på samma sätt som med NIR-data.

Resultat och diskussion

Samband mellan olika parametrar på skifte 9 år 2003

Tidigt på våren den 7 april, då skotträkningen gjordes på fältet, var höstvetebeståndet mycket tunt. Orsaken var en mycket torr höst och mycket sen och dålig uppkomst. Man såg tydliga variationer i beståndstätheten på fältet. Det var kraftigare bestånd i ett band från östra kortsidan och ner till det sydöstra hörnet på fältet och tunnare på övriga fältet. Fem platser med tillsynes varierande skottäthet valdes ut och markerades. Plats 1 och 5 lades på det skotttäta området, plats 2 i ett medelkraftigt bestånd och plats 3 och 4 i det tunnaste beståndet längst in i fältet, se tabell 1. Skottmängden på de fem platserna varierade mellan 230 och 690 skott/m².

Tabell 1. Värden för olika parametrar på fem punkter inom skifte 9, Bjertorp, 2003, samt samband mellan antal skott/m² och övriga parametrar.

<i>Plats</i>	<i>Skott/m²</i>	<i>Topografi</i>	<i>Skörd 2001</i>	<i>Biomassa</i>	<i>K-HCl</i>
1	617	13,26	6099	5,7	142
2	338	12,96	5043	4,2	159
3	229	12,85	5849	2,2	203
4	268	12,94	6055	2,4	231
5	688	13,58	5470	5,2	186
R ²	-	0,92	0,00	0,84	0,31
Y=		671x+-8379	-0,014x+510	121x-48	-3,3x+1037

Biomassan, som mätts strax innan stråskjutningen den 8 maj visade liknande mönster som på fältet 7 april, med kraftigast bestånd i det sydöstra hörnet och längs med östra kortsidan på fältet. Biomassa gav näst högsta R²-värde (0,84) när regression gjordes med den beroende variabeln skott/m² och visar att biomassan vid DC30 väl kunde beskriva skottmängden tidigt denna våren.

Markparametern K-HCl varierade mellan 105 och 383 mg K/100 g jord (gränsen för lättlera kan uppskattas till 220). Enligt kartan ser det ut som de lägsta värdena finns inom den södra hälften av fältet och på den östra kortsidan och därmed skulle det vara lägre lerhalt där, om man antar att man utifrån K-HCl kan bedöma lerhalten (Heiwall, 1984). Därmed har alltså punkt 1 och 5, som hade störst antal skott, den lägsta lerhalten. Bestockningen i stråsådd brukar dock bli bättre på lättare jord. Regressionsanalysen visar

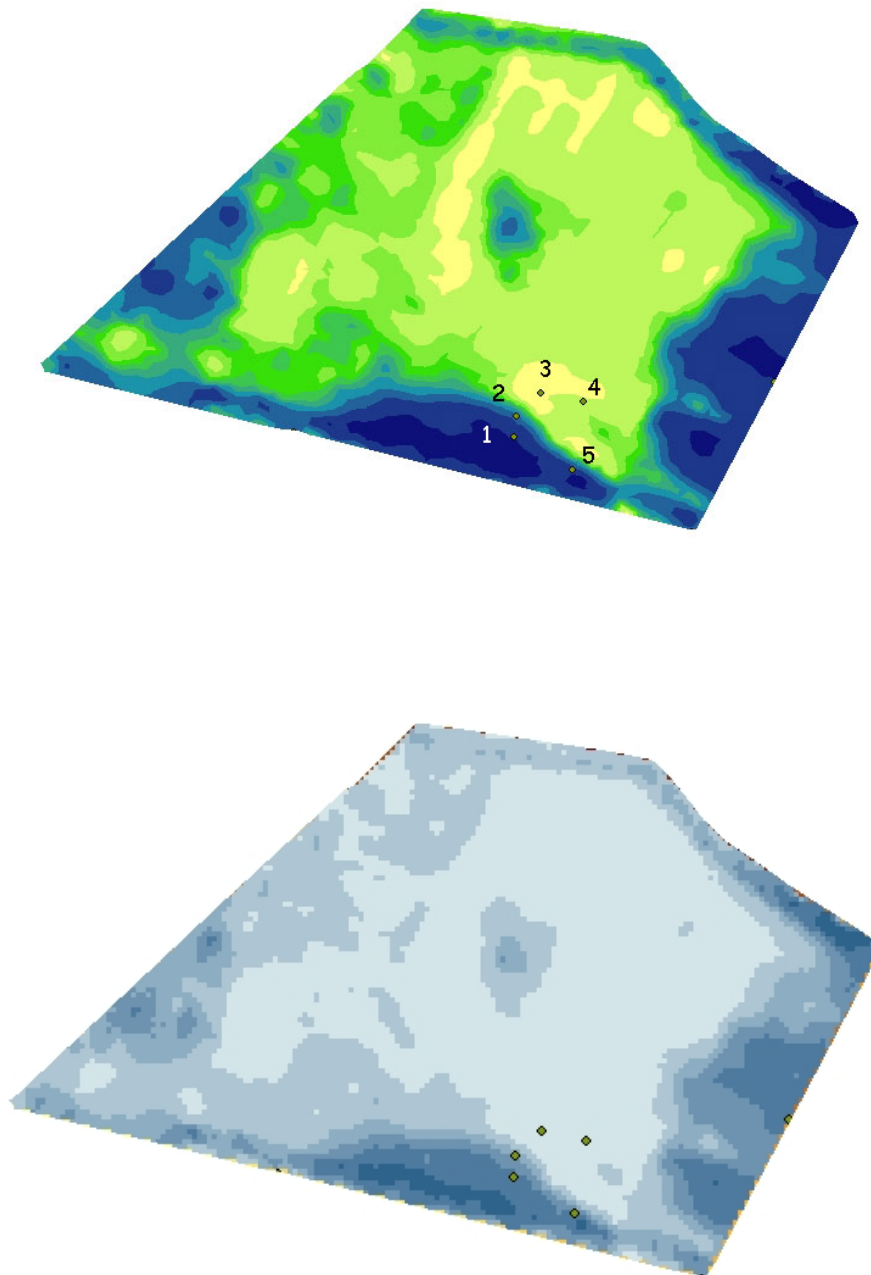
att bestämning av antal skott utifrån K-HCl inte fungerade så bra på detta fältet, $R^2 = 0,31$.

Grödan 2001 var vårkorn och skördarna varierade mellan 3 och 9 ton/ha. Mätningarna utfördes bara på en del av fältet och därför är bara den delen medtagen. Skörden 2001 gav lägst R^2 -värde av alla parametrarna som användes vid regressionsanalys. Med undantag av punkt 1 (hög skörd och många skott) ser skörden ut att ha varit högst där det var minst antal skott, punkt 3 och 4, vilket kunde stämma med resonemanget att spannmål bestockar sig kraftigare på lättare jord men ofta ger lägre skörd där.

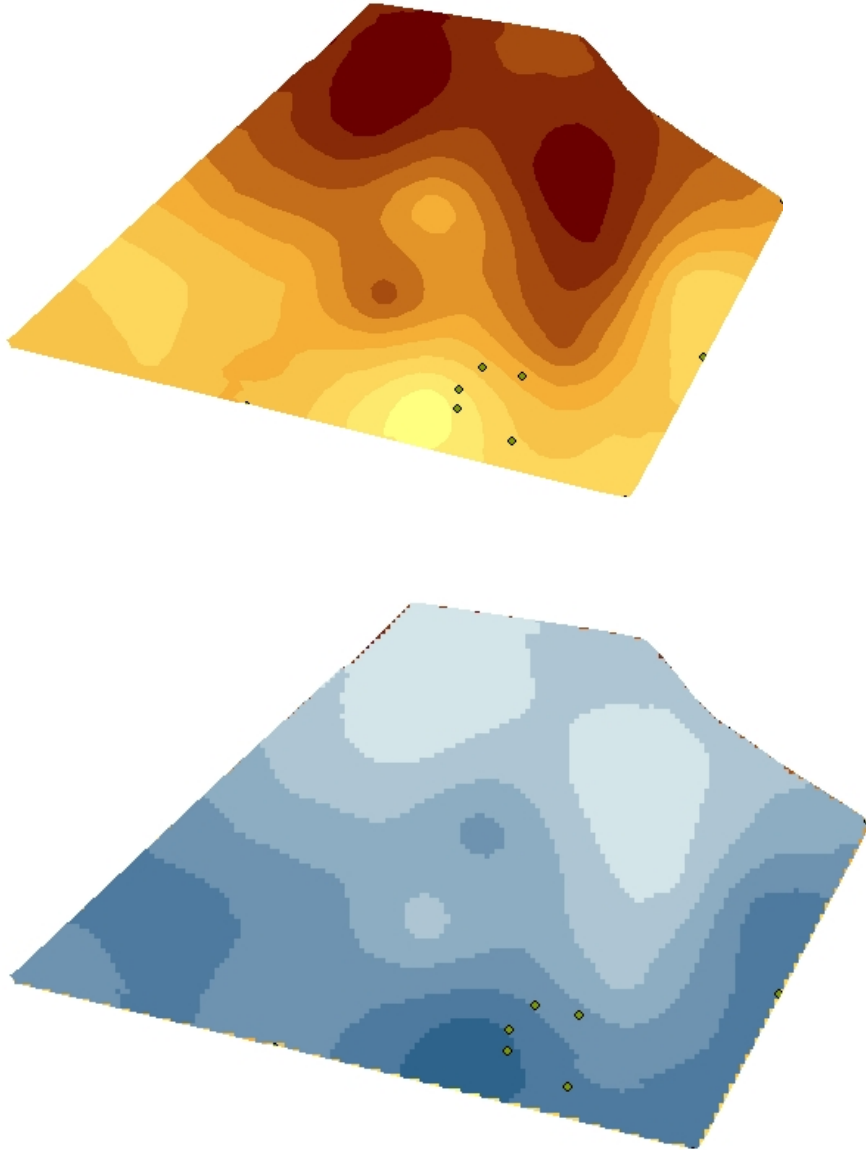
Topografin på fältet varierade mellan 11 och 16 m.ö.h. och den interpolerade kartan visar att höjden ökar i den östra delen. Höjden i de fem punkterna var högst i punkt 1 och 5 som hade mest skott, mest biomassa och lägst lerhalt. Regressionsanalysen visade att topografin var den parameter som bäst beskrev antal skott/m², $R^2 = 0,92$. Korrelationskoefficienten (tabell 2) visar också att skott/m², biomassa och topografi är de parametrar som är väl korrelerade.

Tabell 2. Korrelationskoefficienter för samband mellan olika parametrar på fem punkter inom skifte 9, Bjertorp 2003

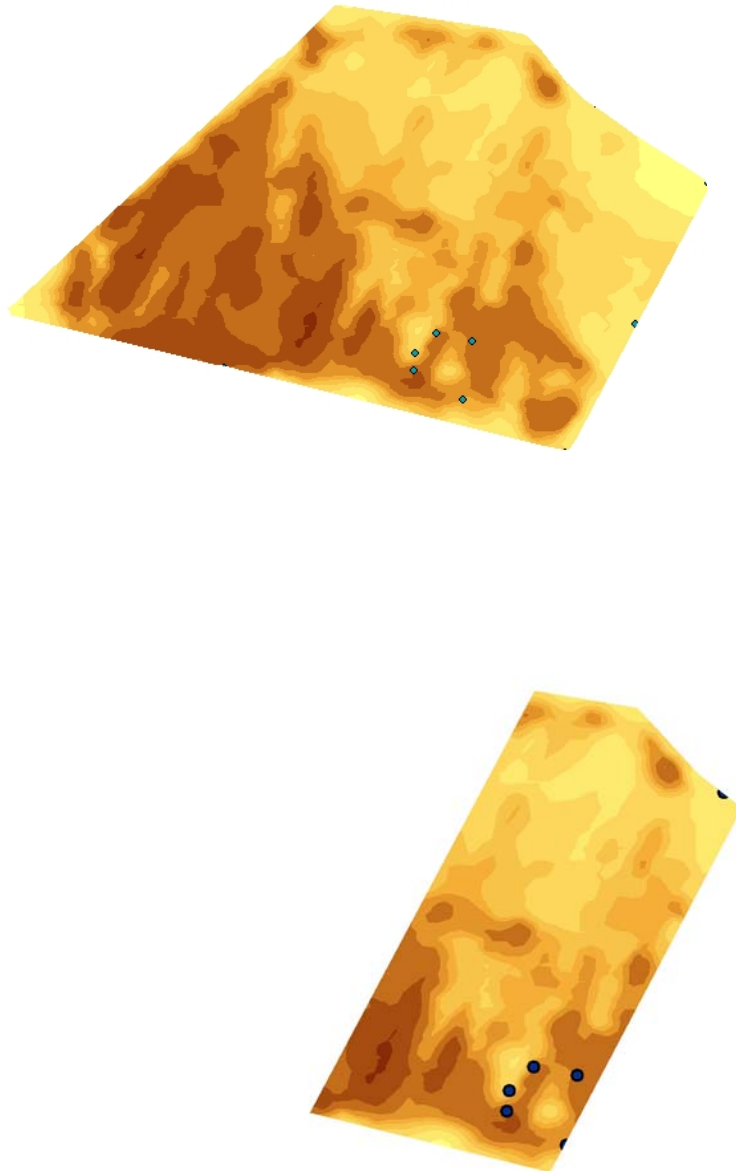
	<i>Skott/m²</i>	<i>K-HCl</i>	<i>Biomassa</i>	<i>Topografi</i>	<i>Skörd 01</i>
Skott/m ²	1				
K-HCl	-0,56	1			
Biomassa	0,92	-0,82	1		
Topografi	0,96	-0,34	0,80	1	
Skörd	-0,03	0,30	-0,20	-0,09	1



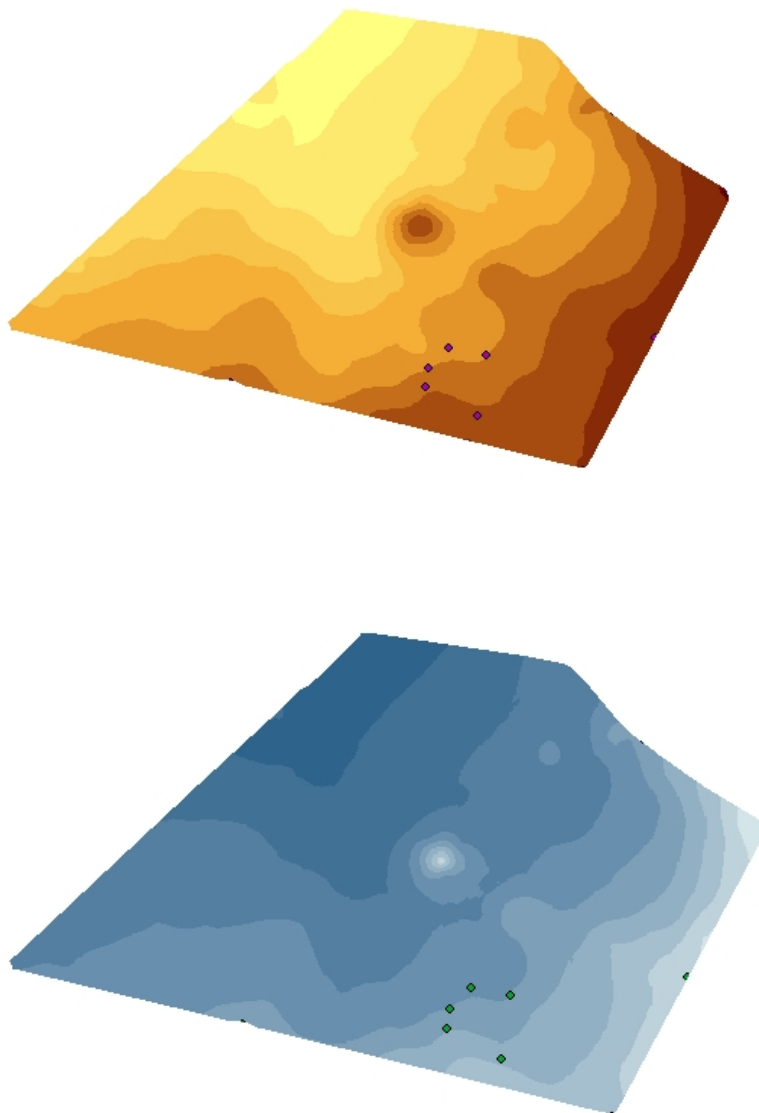
Figur 1. Övre bilden: interpolerad biommassakarta för höstvetete på skifte 9. Biomassan bestämdes med N-sensor den 8 maj (DC30). Undre bilden: interpolerad skottkarta (skott/m²) framtagen med hjälp av regressionskvationen $y = -48 + 121 x$, $R^2 = 0,84$.



Figur 2. Övre bilden: interpolerad K-HCl-karta på skifte 9. K-HCl varierade mellan 105 och 383 mg K/100g jord. Undre bilden: interpolerad skottkarta (skott/m²) enligt regressionskvationen $y = 1037 - 3,3 x$, $R^2 = 0,31$.



Figur 3. Övre bilden: interpolerad skördekartan (vårkorn 2001) på skifte 9. Skörden 2001 varierade på skiftet mellan 3000 och 9000 kg/ha. Undre bilden: interpolerad skottkarta (skott/m²) enligt regressionsekvationen $y = 510 - 0,014x$, $R^2 = 0,000$ (endast del av skifte 9 pga felaktig skördedata).



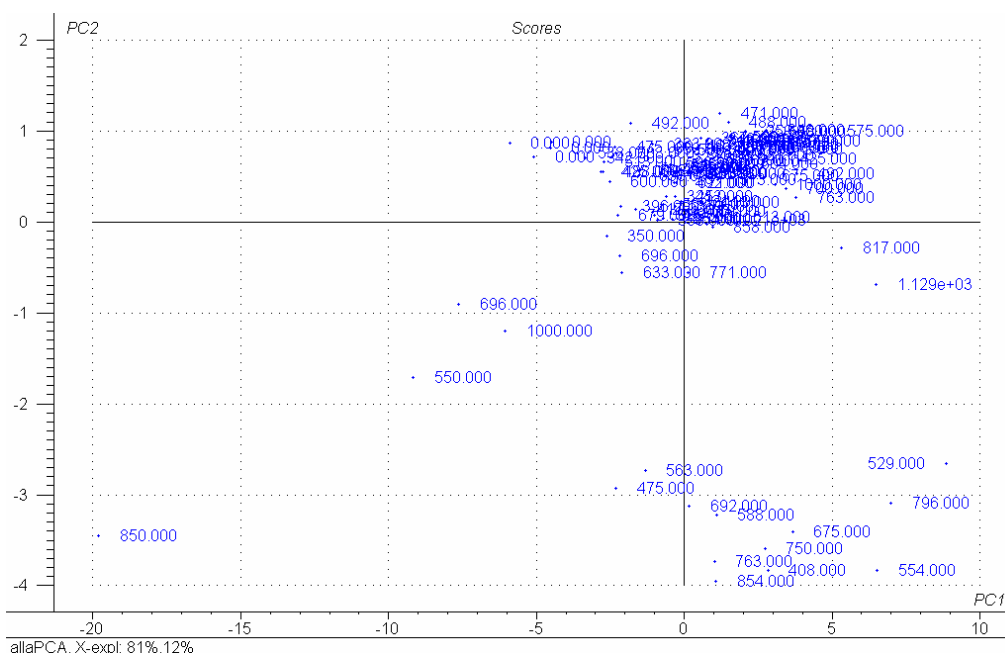
Figur 4. Övre bilden: interpolerad topografikarta på skifte 9. Höjden varierade på skiftet mellan 11 och 16 m.ö.h. Undre bilden: interpolerad skottkarta (skott/m²) enligt regressionskvationen $y = -8379 + 671x$, $R^2 = 0,92$.

Mätningar med NIR-instrument

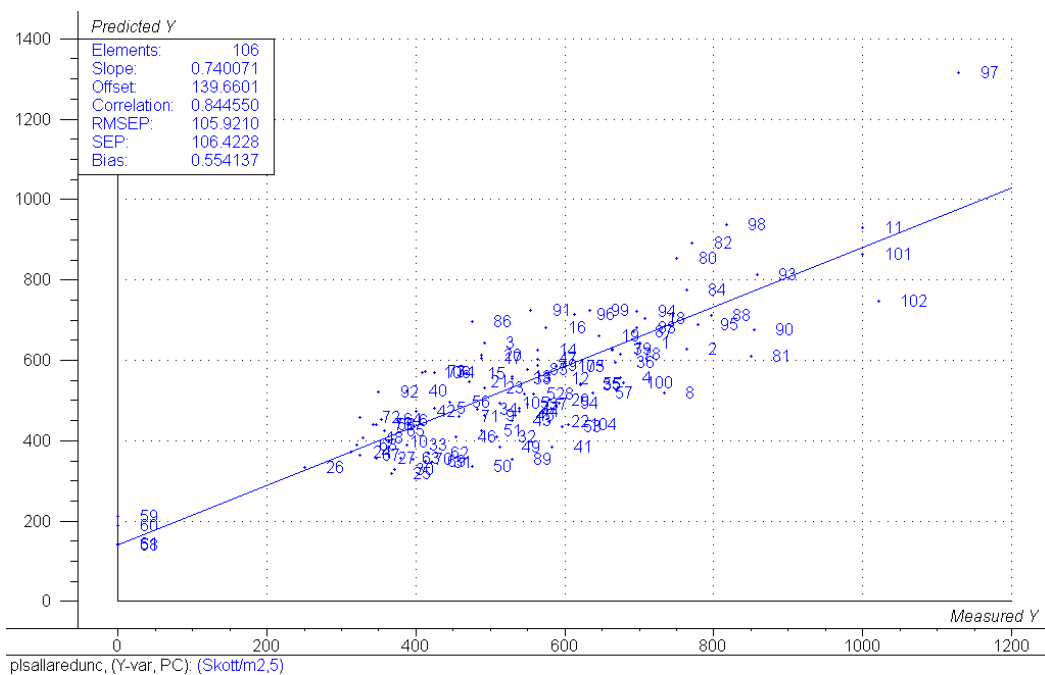
Högsta förklaringsgrad för regressionsmodellen erhöles med alla försöken ihopslagna och med ett reducerat antal våglängder. De våglängder som användes i modellen låg mellan 350 och 1600 nm. Den modellen som gjordes kunde förklara 71 % av variationen i de mätta värdena för antal skott per m². Medelfelet i modellen (RMSEP) var 106 och standardavvikelsen låg på 198 för ett medelvärde på 535 skott per m². För att testa modellen kördes regressionsanalysen även med bara 20 och 10 prov och förklaringsgraden blev då 70-85 %.

Tabell 3. Resultat av korsvaliderade (cv) PLS-modeller för prediktion av antal skott per m² med utvalda våglängder i det synliga och nära infraröda området. I modellerna användes 10 komponenter.

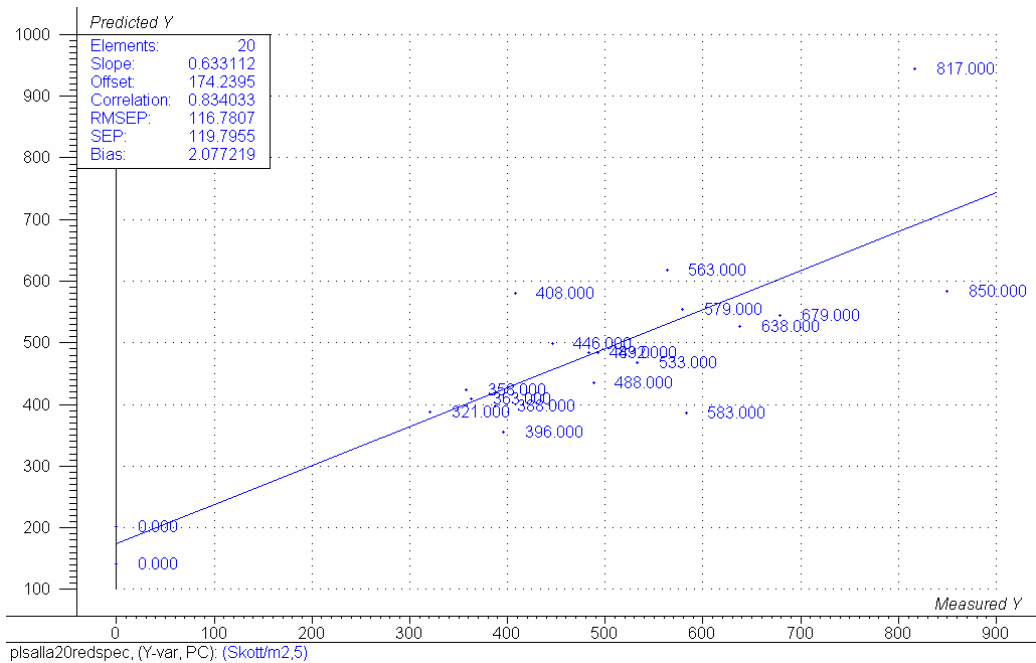
Försök	Valid- ering	Antal va- lid.prov	Medelv.	Stdav	R ²	RMSEP	RPD	RER
A+B+C	cv	106	535	198	0,71	105,92	1,87	10,67
A+B+C	testset	20			0,69	116,78	1,70	9,68
A+B+C	testset	10			0,85	102,18	1,94	11,06



Figur 5. PCA för alla försöken (A, B och C)



Figur 6. PLS för alla 106 försöken (A, B och C) med reducerat antal våglängder.

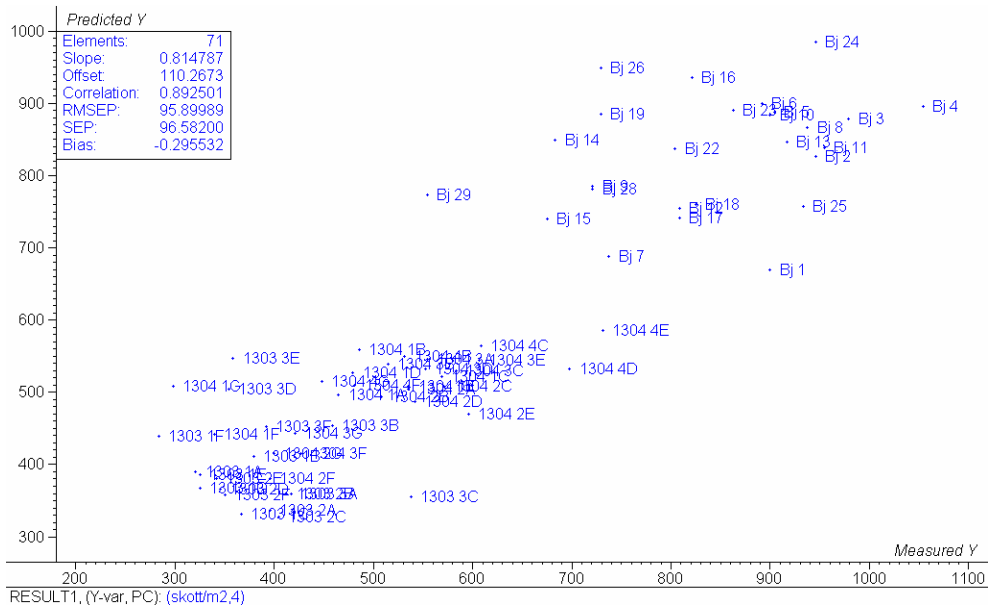


pisalla20redspec, (Y-var, PC): (Skott/m2,5)

Figur 7. PLS med 20 slumpmässigt utvalda prov och reducerat antal våglängder.

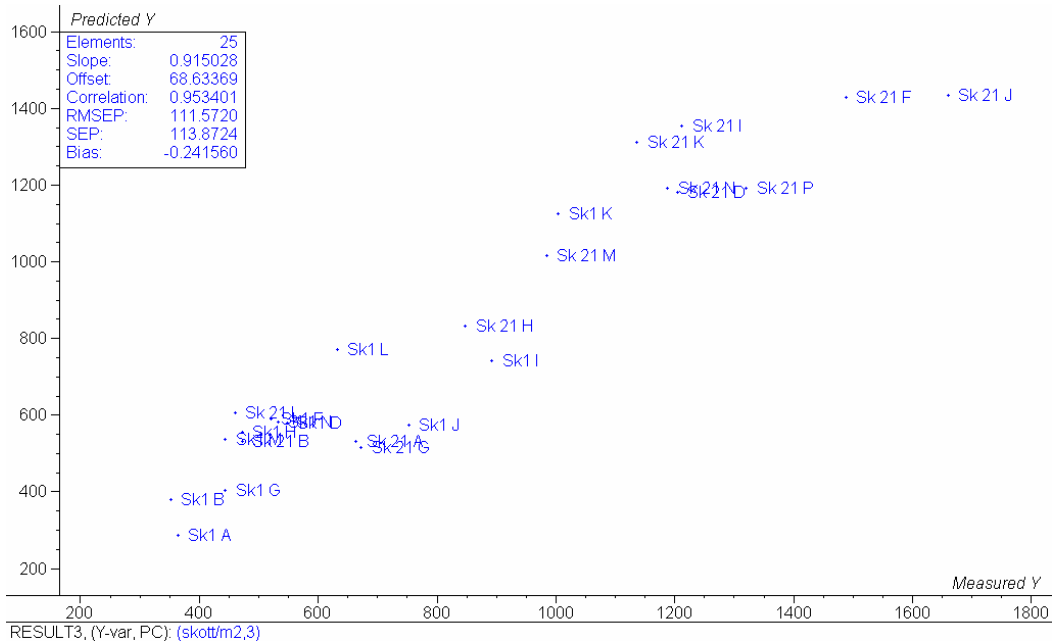
Mätningar med Yara N-sensor

Skotträkningen och biomassamätningen med N-sensorn 2002 i tre försök med höstvet (n= 71) korrelerade väl, $R^2 = 0,80$ (figur 8). Antalet skott var i medeltal för försöken 595 per m^2 och varierade från 208 till 1050 per m^2 . Ett ännu tydligare samband mellan skott och biomassa erhöles 2006, $R^2 = 0,91$ (figur 9). I dessa försök fanns det i medeltal 866 skott per m^2 och skottmängden varierade från 350 till 1710 skott per m^2 . Förklaringsgraden var 83 % för regressionsmodellen med alla försöken hopslagna (n= 98). Dessa resultat stämmer väl med ett flertal utländska undersökningar som också visar på bra samband mellan biomassa på våren (mätt på liknande sätt) och skotttätthet (Scotford & Miller, 2004; Wood, *et al.*, 2001).



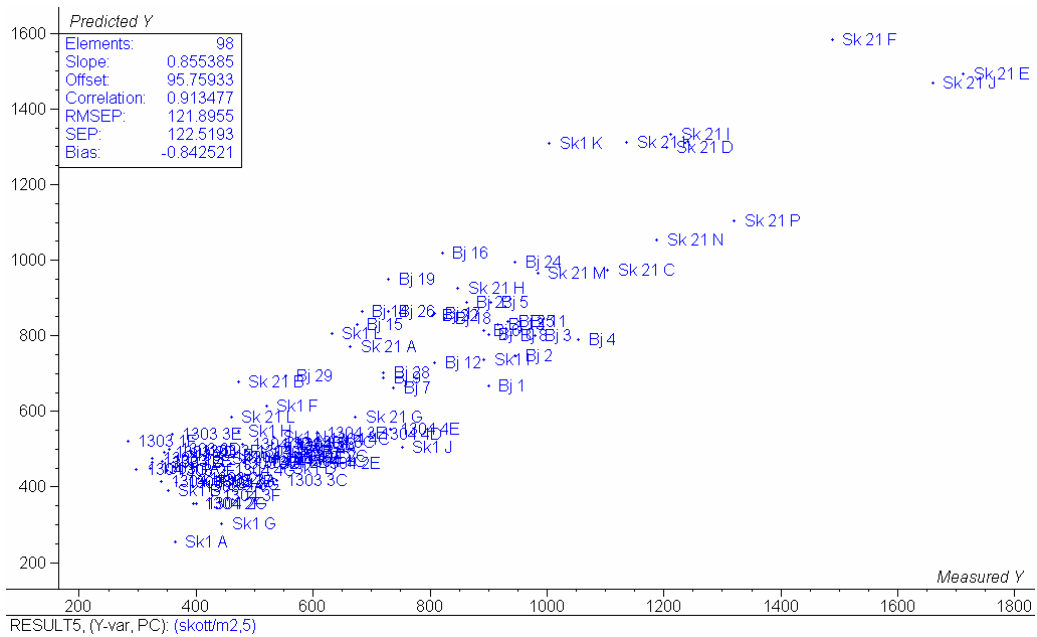
RESULT1, (Y-var, PC): (skott/m2,4)

Figur 8. Samband mellan mätt skottantal 2002 och predikerat antal skott utifrån regressionsmodell.



RESULT3, (Y-var, PC): (skott/m2,3)

Figur 9. Samband mellan mätt skottantal 2006 och predikerat antal skott utifrån regressionsmodell.



RESULT5, (Y-var, PC): (skott/m2,5)

Figur 10. Samband mellan mätt skottantal 2002 och 2006 och predikerat antal skott utifrån regressionsmodell.

Slutsatser

Både höstvetets biomassa 2003 (mätt med N-sensorn) och topografi utgjorde bra parametrar för att beskriva vilken beståndstäthet som fanns på detta fält detta år. Troligen skulle en jordarts- eller lerhaltskarta också kunna ge bra information om beståndstätheten på ett fält, tex. genom EM38-mätning (instrument som används för att kartera jordartsskillnader).

En karta över hur skottätheten varierar skulle kunna användas för att dela upp fältet i områden där en tidig N-giva kunde behöva tillföras eller inte (s.k. skötselzoner).

Resultaten visar på relativt goda möjligheter att med NIR-teknik bestämma antal skott per m² tidigt på våren. Bättre förklaringsgrad borde man kunna få om hänsyn togs till väderförhållandena (t.ex. solstrålning) vilket inte gjordes i dessa mätningar. Möjligheter finns att göra detta med spectroradiometern i fortsatta försök. Dessutom behövs fler mätningar i mycket tunna bestånd och på bara jord eftersom det inte är ovanligt med mindre eller större tomma fläckar i ett höstvetefält i mars-april. Ytterligare utvecklingsarbete krävs även för att utveckla tekniken om den ska kunna användas rationellt i jordbruket.

Mätningar av biomassan med den handburna N-sensorn visade på mycket bra samband med skottätheten på våren både 2002 och 2006. Resultaten borde möjliggöra en kalibrering av Yara N-sensorn mot antal skott/m² tidigt på våren och därefter styrning av kvävegivan till områden med tunna bestånd.

Litteratur

Burrough, P. A & McDonnell R. A. 1998. Principles of Geographical Information Systems. Spatial Information Systems and Geostatistics. Oxford university Press, N.Y., USA, 333 pp.

Heiwall, H. 1984. Förhållandet mellan lerhalt och kaliuminnehåll i de skaraborgska jordarna. Skaraborgs läns Hushållningssällskaps tidning 6.

Scotford, I.M. & Miller, P.C.H. 2004. Estimating tiller density and leaf area index of winter wheat using spectral reflectance and ultrasonic sensing techniques. Biosystems engineering, 89, 395-408.

Westad, F. & Marters, H. 2000, Variable selection in near infrared spectroscopy based on significance testing in partial least squares regression. Journal of near Infrared Spectroscopy 8, 117-124.

Wood, G.A., Taylor, J.C., Godwin, D & Welsh, J.P. 2001. Site specific management of canopy size for optimising yield potential by remote sensing. Third international Conference on precision Agriculture, June 18-20, 2001, Montpellier, Frankrike.

Förteckning över rapporter utgivna av Avdelningen för precisionsodling i serien *Precisionsodling Sverige, Tekniska rapporter*:

1. Nyberg, A., Börjesson, T. och Gustavsson, A-M., 2004. Bildanalys för bedömning av klöverandel i vallar – Utvärdering av TrefoilAnalysis
2. Börjesson, T., Åstrand, B., Engström, L. och Lindén, B., 2005. Bildanalys för att beskriva beståndsstatus i höstraps och höstvetete och ogräsförekomst i vårsäd
3. Delin, S. 2005. Verksamhetsberättelse för Precisionsodling Sverige (POS) 2003-2004.

Förteckning över rapporter utgivna av Institutionen för jordbruksvetenskap Skara i serien *Precisionsodling Sverige, Tekniska rapporter* (ISSN:1651-2804):

1. Börjesson, T., Ivarsson, K., Engquist, A., Wikström, L. 2002. Kvalitetsprognoser för brödvete och malkorn med reflektansmätning i växande gröda.
2. Börjesson, T., Nyberg, A., Stenberg, M. och Wetterlind, J. 2002. Handburen Hydro sensor i vall -prediktering av torrsubstansavkastning och kvalitetsegenskaper.
3. Söderström, M. (red.). 2003. Precisionsodling Sverige 2002, Verksamhetsberättelse från arbetsgrupperna.
4. Jonsson, A. och Söderström, M. 2003. Precisionsodling - vad är det?
5. Nyberg, A., Lindén, B., Wetterlind, J. och Börjesson, T. 2003. Precisionsodling av vall: Mätningar med en handburensensor i vallförsök med nötflytgödsel på Tubbetorp i Västergötland, 2002.
6. Nyberg, A., Stenberg, M., Börjesson, T. och Stenberg, B. 2003. Precisionsodling av vall: Mätningar i växande vall med ett bärbart NIR-instrument – en pilotstudie.

Förteckning över rapporter utgivna av Institutionen för jordbruksvetenskap Skara i serien *Precisionsodling i Väst, Tekniska rapporter*:

1. Rapport från en studieresa till norra Tyskland.
2. Thylén, L & Algerbo, P-A. Teknik för växtplatsanpassad odling.
3. Seminarium och utställning i Skara den 10 mars 1998.
4. Delin, S. 2000. Hantering av geografiska data inom ett jordbruksfält.
5. Lundström, C. Delin, S. och Nissen, K. 2000. Precisionsodling - teknik och möjligheter.

AGROVÄST-projektet *Precisionsodling Sverige* syftar till att utveckla och tillämpa användbara metoder inom precisionsodlingen till nytta för det praktiska jordbruket.

I projektet arbetas med precisionsodling i form av utvärdering och tolkning av samt teknik för markkartering, kalkning, gödsling, bestämning av mark- och grödegenskaper, växtskydd samt miljöeffekter av precisionsodling.

Projektet genomförs i ett samarbete mellan bl.a. Svenska Lantmännen, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Svalöf Weibull AB, Yara AB, hushållningssällskap, Nordkalk AB och Institutet för jordbruks- och miljöteknik (JTI).

Distribution:

Sveriges lantbruksuniversitet
Avdelningen för precisionsodling
Box 234
532 23 Skara
Tel. 0511-670 00

Internet: <http://po-mv.slu.se>
<http://www.agrovast.se/precision>