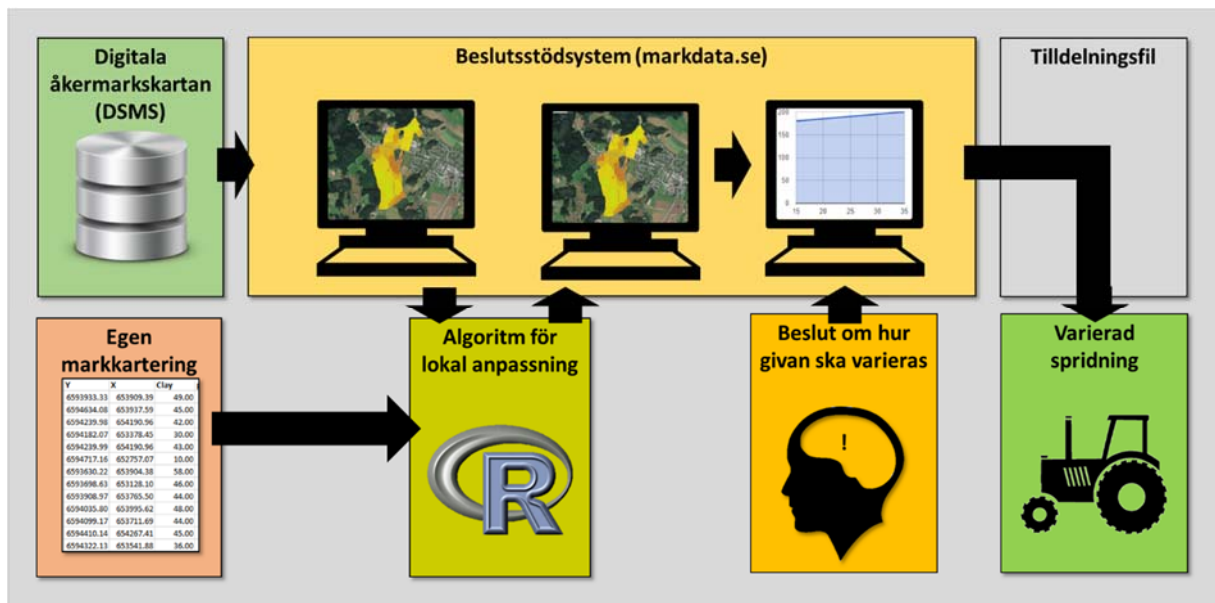


Interaktiv jordartskarta

Kristin Piikki¹, Mats Söderström¹ & Henrik Stadig²

- 1) Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för mark och miljö, avdelningen för precisionsodling och pedometri.
- 2) Hushållningssällskapet Skaraborg.



Sammanfattningar

Interaktiv jordartskarta

I det här projektet har det fritt tillgängliga beslutsstödsystemet *Markdata.se* vidareutvecklats med interaktiv funktionalitet och ytterligare bakgrundskartor. Hittills har det funnits en lerhaltskarta med 50 m × 50 m upplösning tillgänglig i systemet. Nu finns även kartlager för mål-pH och buffertkapacitet med samma höga upplösning. Interaktiviteten innebär att systemet kombinerar lokala data som användaren själv laddar upp med de nationella bakgrundskartorna och automatiskt tar fram en förbättrad karta lokalt över användarens egen gård. Man kan ladda upp lerhaltsvärden för att ta fram underlag för att variera utsädesmängd eller strukturkalk, eller analysvärden av pH och Mg-AL för att skapa tilldelningsfiler för pH-kalkning. Som ett alternativ till laboratorieanalys av lerhalt och pH-värden testades två proximala sensorer. Den portabla röntgenfluorescensmätaren (PXRF) bedömdes kunna användas med tillfredsställande noggrannhet för lerhaltsbestämning medan den pH-sensor vi testade inte gav tillförlitliga värden.

The New Interactive Farm Soil Map of Sweden

In this project, the freely available decision support system *Markdata.se* has been further developed with interactive functionality and additional background maps. So far, there has been a clay content map with 50 m × 50 m resolution available in the system. Now there are also map layers for target pH and buffer capacity with the same high resolution. The interactivity means that the system combines local data uploaded by the user with the national background maps, and automatically develops an improved map locally over the user's own farm. A user can upload clay content values to generate variable seeding-rate files or files for variable-rate structural liming. It is also possible to upload pH and Mg-AL values to create maps for precision pH liming. Furthermore, we tested two proximal sensors as a potential alternative to laboratory analysis of clay content and pH values. The portable x-ray fluorescence (PXRF) sensor can be used to determine clay content with a satisfactory accuracy while the pH sensor we tested did not provide reliable values.

Bakgrund

Digitala åkermarkskartan

Under 2015 publicerades den digitala åkermarkskartan (DSMS). Det är en geodatabas med flera kartlager som täcker större delen av Sveriges åkermark. Upplösningen är 50 m × 50 m (Söderström & Piikki 2016; 2017). I webapplikationen *Markdata.se* tillgängliggörs DSMS-data. Man kan titta på lerhaltsvariationen inom sina fält och generera tilldelningsfiler för precisionsodling baserat på den lerhaltskartan.

Kartunderlag för pH-kalkning

Under utvecklingsarbetet med DSMS har vi sett att det är svårt att ta fram detaljerade kartor över matjordens mullhalt men att det fungerar bra att kalibrera modeller för sekundära markegenskaper som delvis påverkas av markens, för mål-pH och buffertkapacitet. Mål-pH är det pH-värde som bedöms som optimalt för en jord med en viss ler- och mullhalt, och med buffertkapacitet avses här den mängd kalk som behövs för att höja matjordens pH med en pH-enhet (Gustafsson, 1997; Jordbruksverket, 2016). Buffertkapacitet och mål-pH är de underlag som i kombination med aktuellt pH-värde behövs för varierad kalkspridning (Söderström et al., 2015).

Nedskalning av nationella kartlager

I arbetet med DSMS testades även algoritmer för att kombinera den nationella kartan med lokala lerhaltsvärden från lab-analys av jordprover för att därigenom förbättra kartan lokalt, så kallad nedskalning (Söderström et al., 2015).

Proximala sensorer

Att använda proximala sensorer direkt i fält, eller på jordprover som man har samlat in, är potentiellt ett kostnadseffektivt alternativ till att bestämma olika markegenskaper genom traditionella analyser på lab. Här ville vi testa om det kunde vara en möjlighet just för uppladdning till *Markdata.se*, med mål att ta fram tilldelningsfiler. Proximalanalys kallas även *nära fjärranalys* och definieras som mätningar på ett kort avstånd (<2 m) från objektet. Det finns ett flertal tekniker som används för proximalanalys av jord eller mark (Viscarra Rossel et al., 2011). En teknik, för vilken tillämpningar först nyligen har börjat utvecklas, är mätning med handburna röntgenfluorescensmätare (portable x-ray fluorescence (PXRF) sensors). Söderström och Stadig (2015) testade tekniken och fann att den fungerade bra för t ex lerhaltsbestämning i på svenska jordar. Det fungerade bättre att samla in jordprover och mäta på torkad och finfördelad jord än att mäta med sensorn direkt i fält på jord med varierande fuktighet. När det gäller proximala pH-mätningar, finns flera enkla pH-metrar för bestämning av pH direkt i jord. Noggrannheten behöver dock testas innan man kan säga att de är tillräckligt bra.

Projektets syfte

Syftet med det i föreliggande rapport redovisade projektet var utveckla *Markdata.se* genom att:

- 1) Möjliggöra uppladdning av egna prover för att förbättra kartan lokalt.
- 2) Ta fram underlag för varierad kalkning (kartlager för mål-pH och buffertkapacitet i DSMS).
- 3) Skapa möjlighet att generera tilldelningsfiler för kalk genom att ladda upp egna pH-data.
- 4) Testa möjligheten att ta data för lokal anpassning med proximala sensorer (PXRF och pH-sensor), som ett alternativ till laboratorieanalys.
- 5) Sprida information om möjligheterna med markdata.se.
- 6) Samla in feedback från användare och anpassa webapplikationen till användarnas behov.

I den här rapporten görs en kortfattad redovisning av projektet med hänvisningar till andra publikationer där det beskrivs mer i detalj.

Utförande och resultat

Den digitala åkermarkskartan har utökats

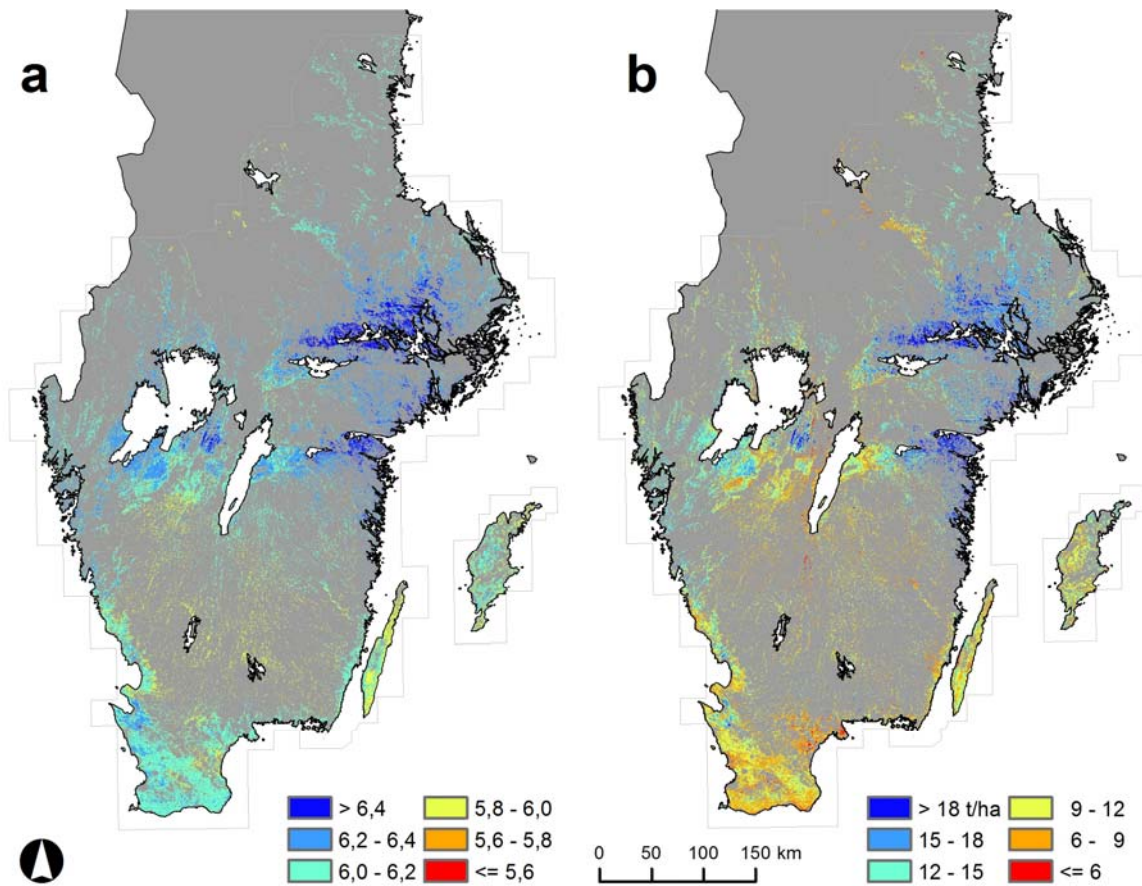
Vi har tagit fram kartor över buffertkapacitet och mål-pH genom multivariat modellering som baseras på data från labanalys av 14 000 jordprover (Jordbruksverket och naturvårdsverket) samt ett antal nationella bakgrundskartor: en högupplöst digital höjdmodell framtagen genom laserskanning av terrängen (Lantmäteriet), data om markens naturliga gammastrålning framtagna genom flygburna geofysiska mätningar (Sveriges Geologiska undersökning, SGU) samt en kvartärgeologisk karta i skala 1:25 000 (SGU). Metoden beskrivs i detalj av Söderström et al. (2015). De två nya kartlagren (figur 1) kommer att ingå i DSMS och tillhandahållas i samma format som övriga DSMS-data. De kommer att göras nedladdningsbara och tillgängliga under CC-BY-licens via SGUs hemsida.

Algoritmer och användargränssnitt har utvecklats

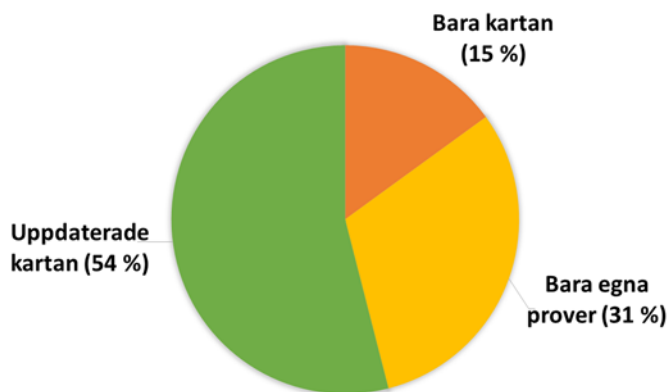
Två algoritmer för nedskalning (lokal anpassning) av DSMS-data har utvecklats:

Den första algoritmen som tagits fram i projektet innebär att man kombinerar lerhaltsdata från egna jordprover med DSMS-data och tar fram en bättre karta för den egna gården (för detaljer se Piikki et al., 2017). I en omfattande utvärdering undersöktes effekten av lokal nedskalning på 403 gårdar. Det visade sig att en lerhaltskarta baserad enbart på lokala data (lerhaltsvärden från labanalys av lokala jordprover) fungerade bäst i knappt en tredjedel av fallen, medan den lokalt anpassade digitala markkartan var bättre på mer än hälften av gårdarna (Figur 2).

Den andra algoritmen som utvecklats i projektet innebär att man tar fram kalkbehovskartor för pH-korrektion genom att kombinera lokala pH-värden med de nya nationella kartlagren för mål-pH och buffertkapacitet. Algoritmerna finns kodade i R och tillhandahålls under namnet *Maps.R.Interactive (MRI)*.



Figur 1. De två nya kartlagren i Digitala åkermarkskartan: a) Mål-pH (optimalt pH i matjorden) och b) buffertkapacitet (mängden kalk [100 % CaO] som krävs för att höja pH i matjorden med en pH-enhet). Dessa kartlager används nu i den interaktiva funktionen i Markdata.se för att ta fram kalkbehovet när användaren laddar upp egna pH-mätningar. Grå färg visar annan landanvändning är åkermark eller åkermark utanför kartans utbredningsområde.



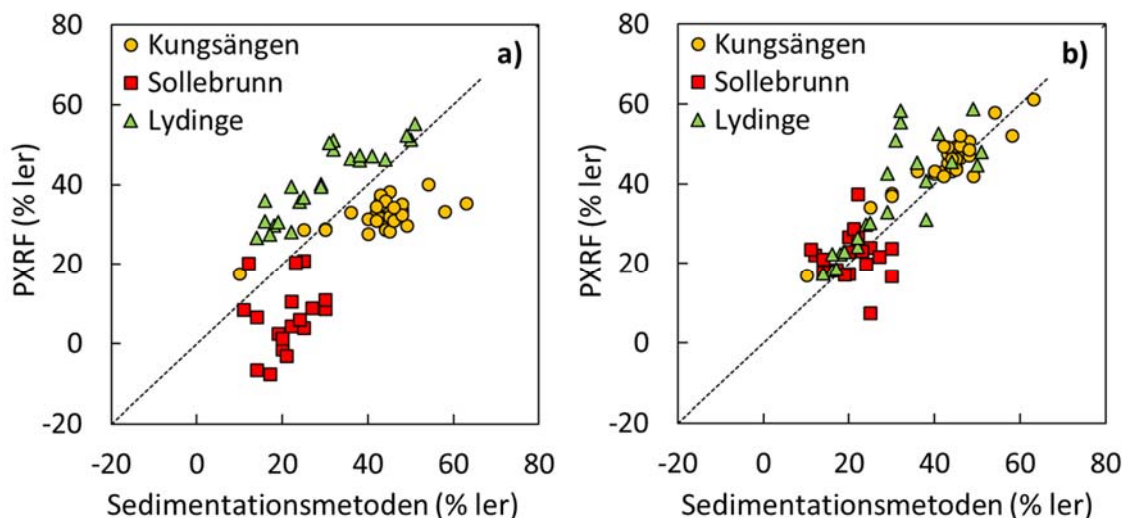
Figur 2. Nedskalning (uppdatering) av lerhaltskartan i Markdata.se genom uppladdning av egna data var bäst på mer än hälften av de 403 gårdar som testades. Traditionell markkartering för textur med ett prov per tre hektar var bäst på knappt en tredjedel av gårdarna. "Bara kartan" betyder att den nationella lerhaltskartan i DSMS var bättre än båda de andra varianterna.

MRI har implementerats i den interaktiva webbtjänsten *Markdata.se*, där man kan ladda upp egna data, automatiskt köra MRI, och ladda ner detaljerade markkartor och tilldelningsfiler för precisionsodling. Funktionen för att ta fram tilldelningsfiler från lokalt förbättrade lerhaltskartor är redan i drift medan funktionen för kalkbehovskartor i skrivande stund finns i en betaversion (*beta.markdata.se*).

Två proximala sensorer har testats

Mätningar med en PXRF sensor (Niton XL3t GOLDD+, Thermo Scientific, Billerica, MA, USA) gjordes på 103 matjordsprover som samlats in på tre gårdar belägna i Skåne, Västra Götaland och Södermanland. Lerhalten i proverna analyserade även med sedimentationsmetoden (Gee and Bauder, 1986) på lab (Eurofins Sweden AB, Kristianstad). Med det här datasetet kunde olika kalibreringsstrategier testas. Det som fungerade bäst var att använda en lokalt anpassad kalibrering (absolut medelfel = 6 % ler) (Figur 3b). Den lokalt anpassade kalibreringen innebär att man tar tio prover på sin gård vilka både mäts med PXRF och analyseras på lab. Resultaten används sedan för att justera PXRF-instrumentets lerhaltskalibrering. Parallellt med detta projekt har ytterligare PXRF-mätningar gjorts på ett antal andra gårdar inom ramen för andra projekt. Preliminära resultat visar att det är möjligt att skapa än bättre kalibreringar med hjälp av data från fler gårdar.

Den pH-sensor som köptes in i projektet (SAM-1, Sensorex, Garden Grove CA, USA) fungerade inte för mätningar direkt i jord, trots att det utlovades av försäljaren.



Figur 3. Utvärdering av två olika kalibreringsstrategier för lerhaltsbestämning med portabel röntgenfluorescens (PXRF)-mätare. Lerhalt bestämd genom kalibrerade PXRF-mätningar har plottats mot lerhalter bestämda med sedimentationsmetoden på lab. Diagram a) visar resultat för en kalibrering som tagits fram utan lokala labanalyser medan diagram b) visar resultat då PXRF-instrumentets lerhaltskalibrering har anpassats till lokala förhållanden genom s.k. spiking med tio lokala jordprover som analyserats på lab. Kungsängen Sollebrunn och Lydinge är tre olika gårdar.

Information om projektet har spridits till flera målgrupper

Resultat från projektet har presenterats förmedlats via flera kanaler och till följande målgrupper i Sverige: lantbrukare, rådgivare, forskare, politiker, journalister, övriga intressenter i växtodlingsbranschen samt allmänheten. Projektet har även presenterats på tre internationella konferenser med inriktning mot precisionsodling och pedometri. Specifika aktiviteter där projektresultat nämnts eller redovisats listas i Appendix 1 (noteras bör att deltagande i alla dessa aktiviteter inte bekostats av detta projekt).

Feedback från användare

Vi har ännu inte på något systematiskt sätt, eller i större skala, samlat in feedback från användare. Däremot har vi under utvecklingen av MRI och *Markdata.se* kontinuerligt anpassat funktionaliteten efter den feedback vi fått via systemets support, och i samband med visningar på mässor, t ex under Borgeby fältdagar. Generellt kan sägas att de som har testat *Markdata.se* ser stor potential i att kunna göra tilldelningsfiler för utsäde och strukturkalk utan att behöva ha tillgång till egna jordartsanalyser. Att man nu kan få kartan förbättrad med egna analysvärden är uppskattat. Vi har även fått positiva reaktioner på att det är möjligt att göra en tillförlitlig kalkbehovsfil utifrån enbart pH-värden. Intresset för varierad utsädesgiva har ökat markant de senaste åren och förväntas fortsätta öka kraftigt framåt. *Markdata.se* är i sig inte drivande i detta, det är snarare utvecklingen av såmaskinerna (som möjliggjort varierad giva) som ligger bakom det ökade intresset. Däremot har *Markdata.se* en given plats för både lantbrukare och rådgivare när det gäller att skapa tilldelningsfiler baserat på markegenskaper, alternativt hämta hem lerhaltsdata för vidare användning i andra miljöer.

Spin-off

Projektet har tillsammans med andra pågående projekt lett fram till bildandet av det nya forskningslabbet för intelligenta beslutsstödsystem för precisionsodling (LADS) vid SLU i Skara. Algoritmerna för lokal anpassning (MRI) är inte bara användbara för precisionsodling i svenska odlingssystem. De kan också användas för lokal anpassning av globala markdatabaser för användning på regional och lokal nivå (Söderström et al., 2016; Söderström & Piikki, 2017). Projektet har därigenom lett till nya samarbetsprojekt mellan t ex SLU och International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Nairobi, Kenya.

Referenser

Gee, G. W., Bauder, J. W. 1986. Particle size analysis. In Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis: Part1 Physical and Mineralogical methods*. Soil science Society of America, Madison, pp.383-411.

Piikki, K., & Söderström, M. (2017). Digital soil mapping of arable land in Sweden—Validation of performance at multiple scales. *Geoderma*, accepted, published online.

<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.10.049>

Piikki, K., Söderström, M., & Stadig, H. (2017). Local adaptation of a national digital soil map for use in precision agriculture. *Adv. Anim. Biosci. Precis. Agric. (ECPA)* 8: 430-432.

<https://doi.org/10.1017/S2040470017000966>

Söderström, M., & Stadig, H. (2015). Test av portabel röntgenfluorescens (PXRF) för bestämning av jordart, näringsämnen och tungmetaller direkt i fält. OS Teknisk rapport 37. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU).

<https://pub.epsilon.slu.se/12081/>

Söderström, M., Sohlenius, G., Rodhe, L., & Piikki, K. (2016). Adaptation of regional digital soil mapping for precision agriculture. *Precision Agriculture* 17: 88-607.

<https://doi.org/10.1007/s11119-016-9439-8>

Söderström, M., & Piikki, K. (2016). Digitala åkermarkskartan. POS Teknisk rapport 37. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU).

<https://pub.epsilon.slu.se/12998/>

Söderström, M., Piikki, K., & Cordingley, J. (2017). Improved usefulness of continental soil databases for agricultural management through local adaptation. *South African Journal of Plant and Soil*, 34, 35-45.

<https://doi.org/10.1080/02571862.2016.1166400>

Söderström, M. & Piikki, K. (2017) Can soil organic carbon maps be used in policy decisions on practical agricultural management? In: *Global Symposium on Soil Organic Carbon 2017, Rome, Italy*, Volume: ISBN: 978-92-5-109838-7

<http://www.fao.org/3/a-br984e.pdf>

Viscarra Rossel, R., Adamchuk, V., Sudduth, K., McKenzie, N., & Lobsey, C. (2011). Proximal soil sensing: An effective approach for soil measurements in space and time. *Advances in Agronomy*, 113, 237–282.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386473-4.00010-5>

Appendix 1

I tabell 1 redovisas resultatförmedling från projekt O-15-20-566 Interaktiv jordartskarta, finansierat av Stiftelsen Lantbruksforskning.

Tabell 1. Resultatförmedling (fortsättning på nästa sida).

Typ av resultatförmedling	Titel/beskrivning	Målgrupp
Webb-information		
Verktysportalen på precisionsskolan.se samt facebook.se/precisionsskolan	Kortfattad information, rapporter och länkar till bakgrundsdata.	Allmänheten, publik sida på svenska
Vetenskaplig artikel		
Manuskript som ska skickas in till en peer-review-granskad tidskrift under våren 2018.	<u>Titel:</u> Downscaling and local adaptation of a national digital map of arable soil for use in precision agriculture	Forskare, internationellt
Pressmeddelande		
SLU, 6 april 2017 https://www.slu.se/ew-nyheter/2017/4/slu-lanserar-unik-interaktiv-markkarta-for-battre-precision-i-odlingen/	Titel: SLU lanserar unik interaktiv markkarta för bättre precision i odlingen.	Media och allmänhet
Konferensbidrag		
Muntlig presentation + abstract på Pedometrics 2017. Wageningen, Holland, 26 juni-1 juli 2017.	Titel: The Interactive Digital Soil Map of Sweden - a free web application for downscaling	Forskare, internationellt
Muntlig presentation + proceedings på ECPA 2017 - 11th European Conference on Precision Agriculture. Edinburgh, Storbritannien, 16-20 juli 2017.	Titel: Local adaptation of a national digital soil map for use in precision agriculture	Forskare och branschfolk, internationellt
Muntlig presentation + abstract på Södra Sveriges Växtodlings- och Växtskyddskonferens. Växjö, 7 december 2016.	Titel: Ny åkermarkskarta!	Branschfolk, regionalt.
Muntlig presentation + proceedings på 2016 International Conference on Precision Agriculture. St Louis, USA, 31 juli- 3 augusti, 2017.	Titel: The new digital soil map of Sweden –derived for free use in precision agriculture	Forskare och branschfolk, internationellt

Tabell 1. Resultatförmedling (fortsättning från föregående sida).

Typ av resultatförmedling	Titel/beskrivning	Målgrupp
Muntliga presentationer		
Möte Kompetenscentrum för kemiska bekämpningsmedel (CKB) Uppsala, 30 mars 2017	Titel: Hur kan markkarteringsdata användas för att lokalisera kritiska områden	Kompetenscentrum för kemiska bekämpningsmedel (CKB)
Workshop om åkermarkens jordartskartor- möjligheter och begränsningar arrangerad av Sveriges Geologiska undersökning Stockholm, 16 mars 2016	Titel: Digitala åkermarkskartan	Forskare, myndighetspersoner m.fl.
Elmia Jönköping, 19 oktober 2016	Titel: <i>Markdata.se</i>	Branschfolk och allmänhet
Innovationsworkshop - Identifiera riskområden och riskbedömning för växtnäringsläckage. Arrangerad av EU-projektet Nutrinflow Norrköping, 10 november 2016:	Titel: Digitala jordartskartor och GIS- baserade hjälpmedel för att identifiera riskområden.	Forskare, myndighetspersoner, rådgivare m.fl. som arbetar med att begränsa växtnäringsämnesförluster från åkermark.
Lantbrukets dag, Riksdagen, 21 november 2017	Titel: Ny teknik skapar möjligheter för lantbruket	Öppet hus i Riksdagen. Politiker, branschfolk, studenter, media och allmänhet deltog
Lantbrukarkonferensen, Örebro, 8 november 2017. Arrangerad av HS.	Titel: Hållbar intensifiering med hjälp av digitala data och interaktiva beslutsstödsystem	Lantbrukare, rådgivare, media
Workshop: Advances in Plant Field Phenotyping – New Tools in Plant Breeding. Arrangerad av Nordic Plant Phenotyping Network (NPPN) Båstad 23-24 November 2016.	Titel: Overview of new tools in Precision Ag – data interpretation and opportunities for plant breeding	Branschfolk och forskare i de nordiska länderna.
Workshop om pesticidläckage i samband med M. Sandins disputation. Uppsala, 17 augusti, 2017	Titel: Digital soil data as input for spatial modelling of pesticide losses	Forskare
Hirskonferens, Skåne 3 oktober 2017	Titel. Precisionsodling	Rådgivare hushållningssällskapen
Varaslättns Lagehus, vara 25 November 2016	Titel: Möjligheter med CropSat och Markdata.se	Lantbrukare
ÅF, Stockholm 30 November 2016	Titel: bönder + Satelliter = SANT	ÅF internutbildningsdag
Mässor		
Borgeby fältdagar Borgeby, 28-29 juni, 2017	Demonstration av <i>Markdata.se</i> och CropSAT.	Branschfolk, lantbrukare och allmänhet
Kursmoment		
Kurs om precisionsodling arrangerad av Greppa Näringen Skara, 18 april 2017	1,5 timmas webinarium om CropSAT och <i>Markdata.se</i>	Rådgivare
Kurs om fosforförluster arrangerad av Länsstyrelsen i Östergötland. Linköping, 28 april 2016	Presentation om jordartskartor och andra GIS-baserade hjälpmedel för att identifiera riskområden för fosforläckage,	Rådgivare
Precisionsodlingskurs på Biologiska Yrkeshögskolan i Skara (BYS). Skara, 6 mars 2017	1,5 timmas föreläsning om <i>Markdata.se</i>	Blivande agrotekniker