



Sveriges lantbruksuniversitet

Mätningar med Yara N-sensor för att
skatta markens kvävelevererande
förmåga

*Using Yara N-sensor to estimate soil
nitrogen mineralisation*

Johanna Wetterlind



Institutionen för mark och miljö
Department of Soil and Environment

Rapport 4
Report

Precisionsodling och pedometri
Precision agriculture and pedometrics
Swedish University of Agricultural Sciences

Uppsala 2010

ISBN 978-91-86197-75-9



Sveriges lantbruksuniversitet

Mätningar med Yara N-sensor för att
skatta markens kvävelevererande
förmåga

*Using Yara N-sensor to estimate soil
nitrogen mineralisation*

Johanna Wetterlind



Institutionen för mark och miljö
Department of Soil and Environment

Rapport 4
Report

Precisionsodling och pedometri
Precision agriculture and pedometrics
Swedish University of Agricultural Sciences

Uppsala 2010

978-91-86197-75-9

Förord

Denna rapport är en slutredovisning av ett projekt finansierat av Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning. Syftet med projektet var att analysera tre års resultat från försöksserien M3-2278 för att utvärdera tillämpbarheten av ett antal metoder för bestämning av kvävebehov och kvävelevererade förmåga samt rekommendera metod för användning inom rådgivningen. Projektet genomfördes under två månader vintern 2009-2010.

Försöksserien M3-2278 är ett samarbete mellan YARA AB, jordbruksverket och försöksregionerna i Mellansverige (Försök i Väst, Östra SverigeFörsöken, och Sveaförsöken).

Författaren vill särskilt tacka Anna-Karin Krijger - verksamhetsledare för Försök i väst, Ingemar Gruveaus - tidigare verksamhetsledare för Försök i väst och initiativtagare till försöksserien M3-2278 och Carl-Magnus Olsson - Yara, för hjälp med framtagningen av data.

Skara 16 mars

Johanna Wetterlind

Innehållsförteckning

FÖRORD.....	3
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	4
ABSTRACT	5
BAKGRUND	6
MATERIAL OCH METODER.....	7
FÖRSÖKSPLAN.....	7
PROVTAGNINGAR OCH ANALYSER.....	8
<i>Jordprovtagning</i>	8
<i>N-sensormätningar</i>	8
KALIBRERINGAR	10
RESULTAT OCH DISKUSSION	10
BESTÄMNING AV OPTIMAL N-GIVA	10
BESTÄMNING AV N-SKÖRD I 0N-LED	15
<i>Markparametrar</i>	15
<i>N-sensormätningar i 0N-led</i>	15
<i>N-sensormätningar i gödslade led</i>	17
SLUTSATSER.....	18
REFERENSER.....	19

Abstract

The aim of this study was to evaluate a number of methods for estimating nitrogen fertilization demand and the contribution of plant available nitrogen from the soil. This was done by analysing data from 36 field trials (three years, 12 field trials per year) in the south of Sweden.

Large variations were observed between the 36 field trials in both economical optimum nitrogen fertilization (optimum N fertilization) and the contribution of nitrogen from the soil (measured as nitrogen yield in unfertilized plots). Only taking into account the expected yield was not enough for predicting optimum N fertilization. However, including nitrogen delivery from the soil improved the predictions ($r^2 = 0.60$).

Clay and soil organic matter content could not predict the nitrogen yield in unfertilized plots in this study. Neither could accumulated mineral nitrogen in the soil down to 60 cm depth in spring or after harvest. Best predictions of the nitrogen yield in unfertilized plots were obtained using measurements of crop reflectance in unfertilized plots by a handheld Yara N-sensor at GS37, with cross validated r^2 -values for all years as well as individual years between 0.54 and 0.79. However, results from estimations on single years not included in the calibrations (r^2 -values between 0.20 and 0.69) indicate a need for larger data-sets to establish more reliable calibration models.

Establishing unfertilized plots within the fields has large potentials as a tool for estimating optimum N fertilization. Besides the information on the contribution of plant available nitrogen from the soil at that place during that particular year, reflectance measurements using a handheld N-sensor at GS37 could act as guidance for a late nitrogen application.

Bakgrund

Senare års kvävegödslingsförsök i korn och vete har visat stora variationer i optimal kvävegiva mellan olika platser trots liknande skördenivå (Gruveaus, 2007). Även mellan rena växtodlingsgårdar på tillsynes liknande fastmarksjordar är skillnaderna stora.

Kvävegödslingsbehovet är beroende av förväntad skörd men också av leveransen av växttillgängligt kväve från marken i form av mineralkväve i marken vid skörd och mineraliserat kväve under växtsäsongen. Möjligheten att kunna ta hänsyn till markens leverans av kväve är alltså av stor vikt för bättre anpassad gödning. Att utveckla en enkel och tillförlitlig metod för att uppskatta den lokala kvävelevererande förmågan på gårds- eller fältnivå skulle därför kunna få stor betydelse för rådgivningen.

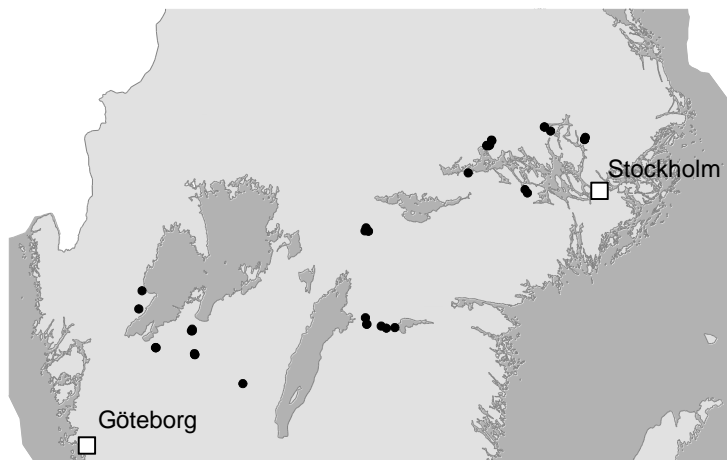
Ett mått på markens kvävelevererande förmåga är att mäta kväveskörden i led som inte gödglas med kväve, s.k. 0N-rutor (Delin and Lindén, 2002; Wetterlind et al., 2008). Att hantera 0N-rutor kan dock ses som arbetsamt och resultatet kommer inte årets gröda till del. Mängden mineralkväve i marken på våren har visat sig vara en möjlig vägledning vid kvävegödslingen (t.ex. Esala, 2002). Men endast svaga samband kunde ses mellan mineralkväve i marken tidig vår och kväveskörd i ogödslat led i 41 försök i Mellansverige 2002-2007 (Gruveaus 2007). Betydligt bättre blev sambanden mellan mineralkväve i marken efter skörd och ogödslat led i 11 försök 2003-2007, men inte heller detta kan användas för aktuell gröda. Jordanalyser med nära infraröd reflektans (NIR-teknik) har visat sig ha potential att prediktera inomfältvariation i kväveleverans från marken mätt som kväveupptag i 0N-rutor lika bra som mull- och lerhalt och har fördelen av att vara snabb och billig jämfört med många traditionella analysmetoder (Dunn et al., 2000; Stenberg et al., 2005; Wetterlind et al., 2008). Lättsättbart kol i marken, bestämt genom extraktion med hett vatten, är en annan relativt enkel analysmetod som visat sig ha bra samband med nitrat mineraliserat under inkubering (Körschens et al., 1998).

Även mätningar i växande gröda kan göras utan dyra klippningar och växtanalyser. Mätningar med YARA N-sensor i 0N-rutor vid flaggbladsstadiet (DC37) har visat på goda samband med kväveskörden (i 0N-rutorna) i 18 försök i Mellansverige 2006-2007 (Gruveaus 2007). Med denna metod får man visserligen merarbetet med 0N-rutor men det skulle också kunna gör det möjligt att justera årets gödning med en sen kompletteringsgiva samtidigt som 0N rutan ger en bild av kväveleveransen på fältet vilken skulle kunna användas vid senare års gödning.

Syftet med det här presenterade projektet var att analysera tre års resultat från försöksserien M3-2278 för att *utvärdera tillämpbarheten av ett antal metoder för bestämning av kvävebehov och kvävelevererade förmåga samt rekommendera metod för användning inom rådgivningen.*

Material och metoder

Försöksserien M3-2278, *kväve till höstvetete vid olika markförutsättningar*, ingår i det Mellansvenska försökssamarbetet och 12 försök lades ut varje år med 4 försök i Försök i Väst, 4 i Östra SverigeFörsöken och 4 i Sveaförsöken (figur 1). Här presenteras analyser av de tre första årens försök (2007-2009).



Figur 1. Karta över försöksplaterna.
Figure 1. Location of the field trials.

Syftet med försöksserien var att studera markens kvävelevererande förmåga under olika odlingsförutsättningar samt hur dessa påverkar optimal kvävegiva. Av den orsaken lades försök ut på både djurgårdar och rena växtodlingsgårdar och på platser med varierande jordart. Förfrukten var vårsäd eller våroljeväxter. I något enstaka försök var förfrukten höstraps. Försöken lades ut på olika platser varje år. Några av försöken låg på samma gård i mer än ett år, dock inte på samma plats.

Försöksplan

Försöken låg i höstvetete och bestod av kvävestegar i randomiserad blockdesign med fyra block. Kvävestegarna gick från 0 (0N-led) till 240 kg N ha⁻¹ i 40 kg steg, med en tidig giva på 40 kg N ha⁻¹ (med undantag av 0N-led) och en huvudgiva från 0 till 200 kg N ha⁻¹. Ingen höstgödsling med kväve förekom. Hela försöken gödslades med erforderliga mängder övriga växtnäringsämnen och ogräs och växtskyddsbehandlades för att få en frisk gröda och minimera ogräs-

trycket. Höstvetesorterna var Harnesk, Olivin och Opus samt Mulan i ett av försöken 2009.

Provtagningar och analyser

Enbart de provtagningar och analyser som använts i det här beskrivna projektet tas upp här även om fler analyser gjorts i försöken.

Försöken skördades rutvis och mängden kväve i kärnan bestämdes med nära infraröd transmittans (NIT) på Hushållningssällskapet i Skara. Kvävemängd i kärnan användes för att räkna ut kväveskörd (N-skörd). N-skörd i 0N-ledet användes sedan som ett mått på markens kvävelevererande förmåga.

Ekonomiskt optimal kvävegiva per försök beräknades utifrån en priskvot på 10 (förhållandet mellan priset per kg mineralgödselkväve och priset per kg kärna) och en avkastningskurva beräknad genom att anpassa ett tredjegradspolynom till rutskördarna.

Jordprovtagning

Ett generalprov togs ut i matjorden (0-20 cm) på 30 av försöksplatserna (skulle ha varit alla) och analyserades på ler- och mullhalt. Lerhalten bestämdes genom sedimentation (modifierat efter Gee and Bauder (1986)) och mullhalt bestämdes genom glödförlust och korrigerades för strukturellt bundet vatten.

I samband med skörd på våren, före gödsling, togs generalprov ut i 28 försök för analys av mineralkväveinnehållet i matjord (0-25 cm) och alv (25-60 cm) (mineralkväve tidig vår). Mineralkväve bestämdes kolorimeteriskt med avseende på ammonium och nitrat (FIAstar 5000). I 27 av försöken togs det även ut jordprov för samma analyser direkt efter skörd i några av leden. I det här presenterade projektet användes bara analyser från provtagningen i 0N-led.

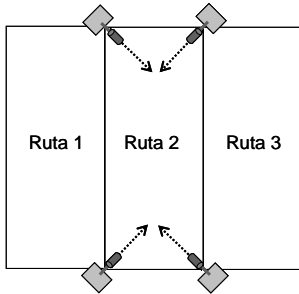
Alla jordanalyser utfördes på Eurofins jordavdelning i Kristianstad.

Enligt försöksplanen skulle det även göras NIR-mätningar samt hetvattenextraktioner för analyser av C och N efter skörd i varje försök. Tyvärr hade detta inte gjorts i mer än ett fåtal försök när detta projekt genomfördes så dessa analyser har inte kunnat ingå i projektet.

N-sensormätningar

Mätningar med Yaras handburna N-sensor gjordes rutvis i alla led vid två tillfällen, ett vid DC 30 (DC 30-32) (undantaget 2007 då mätningarna gjordes redan i DC 22) och ett vid DC 37 (DC 37-43). För att undvika skuggeffekter gjordes fyra mätningar i varje ruta vinkelrät mot varandra (figur 2).

Vid varje mätning registrerades reflektansen från grödan i våglängderna 400 till 1000 nm. Mätningen är passiv d v s N-sensorn skickar inte ut något eget ljus utan mäter enbart reflekterat solljus.



Figur 2. Schematisk bild av N-sensormätningar i en försöksruta.

Figure 2. Schematic figure of N-sensor measurements in a plot.

För att korrigera för variationer i instrålning till exempel på grund av varierande molnighet registrerades även instrålningen från solen simultant med de övriga mätningarna genom en uppåtriktad sensor (figur 3).

I projektet användes inte de enskilda våglängdsmätningarna utan de kvoter man får ut vid mätningen; Infrarött (IR)/rött, IR/grönt, de två kvoter som tidigare använts av Yara för gödselrekommendationer (Si1 och Si2) samt den nya kvoten SN som ersatt de två gamla.

I första hand kalibrerades mätningarna i 0N-led mot N-skördarna i 0N-led. Att etablera icke kvävegödslade rutor på ett fält innebär dock merarbete för lantbrukaren varför det skulle underlätta om även mätningar i gödslad gröda kunde användas för bestämning av kväveleverans från marken. För att testa detta kalibrerades även mätningar i gödslade led mot N-skörd i 0N-led.

Som ytterligare ett led i att se om det skulle vara möjligt att använda mätningar med N-sensorn i gödslade led räknades alla led om till "skillnad mot optimal N-giva", $N\text{-giva} - \text{optimal } N\text{-giva (kg N ha}^{-1}\text{)}$. Detta betydde att led som fått mer kväve än optimal N-giva fick positiva värden och led som fått mindre kväve än optimal N-giva fick negativa värden.



sensor som registrerar solinstrålning
sensor registrating incoming sun light

sensor som registrerar reflekterat ljus från grödan
sensor registrating reflected light from the crop

Figur 3. Mätning med Yaras handburna N-sensor.
(Foto Yara)
Figure 3. Measurement using Yara handheld N-sensor. (Foto Yara)

Kalibreringar

All statistik rörande sambanden mellan de olika analyserna och optimal N-giva eller N-skörd i 0N-led gjordes i Unscrabler 9.8 (CAMO PROCESS AS, Oslo, Norway). För kalibreringar med endast en parameter användes linjär regression och i de fall mer än en parameter användes (t ex ler +mull) användes multipel linjär regression (MLR). Kalibreringarna validerades genom fullständig korsvalidering (Martens and Naes, 1989). För N-sensormätningarna gjordes förutom korsvaliderade kalibreringar mot N-skörd i 0N-led för enskilda år och alla år tillsammans, även kalibreringar för två av åren som sedan validerades genom att prediktera det tredje året. Alla resultat värderades utifrån r^2 -värdet mellan beräknad och uppmätt optimal N-giva eller N-skörd i 0N-led och med feltermerna RMSEC, RMSECV och RMSEP (root mean squared error of calibration, cross-validation och prediction) som har samma enhet som den beroende variabeln, d v s kg N ha^{-1} för både optimal N-giva och N-skörd i 0N-led.

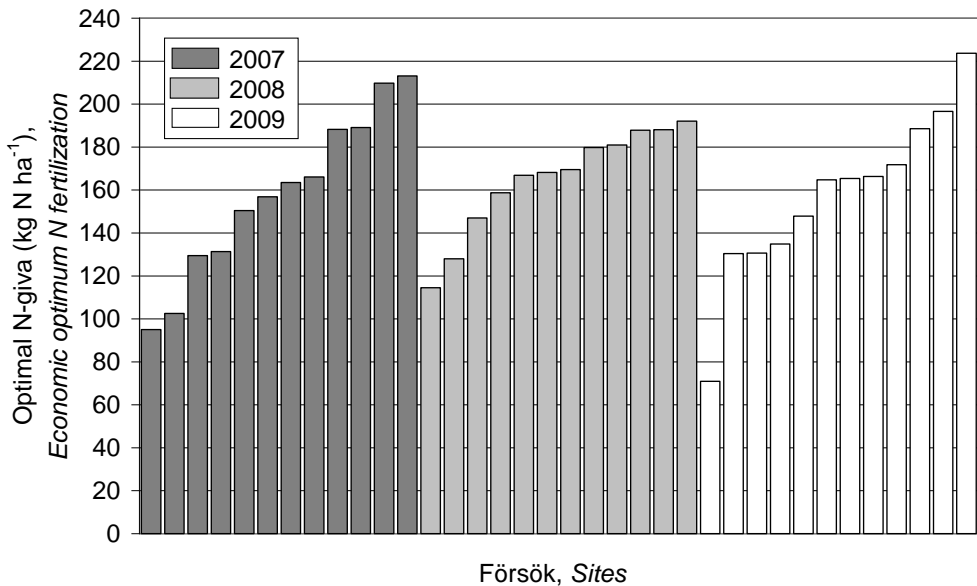
Då sorten Harnesk i tidigare försök visat sig ha en lägre optimal N-giva än de andra sorterna uteslöts försök med Harnesk (totalt 7 försök) från analyserna där sambanden med optimal N-giva undersöktes.

Resultat och diskussion

Bestämning av optimal N-giva

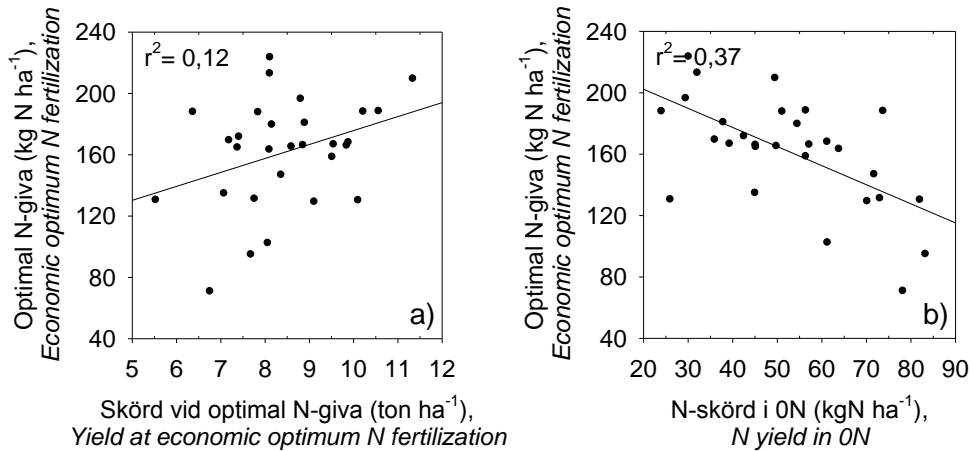
Figur 4 visar optimal N-giva för de olika platserna för alla tre åren och det är stora variationer. Som minst var skillnaden 78 kg N ha^{-1} mellan den högsta och lägsta optimala N-givan inom de enskilda åren (2008) och som mest 153 kg N ha^{-1} (2009). Även beräknad skörd (15 % vattenhalt) vid optimal N-giva varierade mycket, mellan 7700 och 11300 kg ha^{-1} 2007, mellan 5200 och 9900 kg

ha⁻¹ 2008 och mellan 5500 och 10600 kg ha⁻¹ 2009. Enbart variationerna i skörd kunde dock inte förklara skillnaderna i optimal N-giva. Det fanns bara ett svagt samband ($r^2 = 0,12$) mellan optimal N-giva och skörd vid optimal kvävegiva (figur 5a). Även variationen i N-skörd i 0N-led var stor alla år, med skillnader mellan platserna de enskilda åren på som minst 48 kg N ha⁻¹ (2008) och som mest 62 kg N ha⁻¹ (2009) (figur 6). Sambandet mellan optimal N-giva och N-skörd i 0N-led ($r^2 = 0,37$) var något strakare än det mellan skörd och optimal N-giva men kunde ensamt även det bara förklara en liten del av variationen i optimal N-giva (figur 5b). Tillsammans kunde de dock förklara ca 60 % av variationen i optimal N-giva. Figur 7 visar det korsvaliderade resultatet av predikterad optimal N-giva utifrån Skörd vid optimal N-giva och N-skörd i 0N-led mot beräknad optimal N-giva från skördarna i försöken. Detta visar tydligt på behovet av att räkna med markens N-leverans för att hamna så nära en optimal kvävegödsling som möjligt.



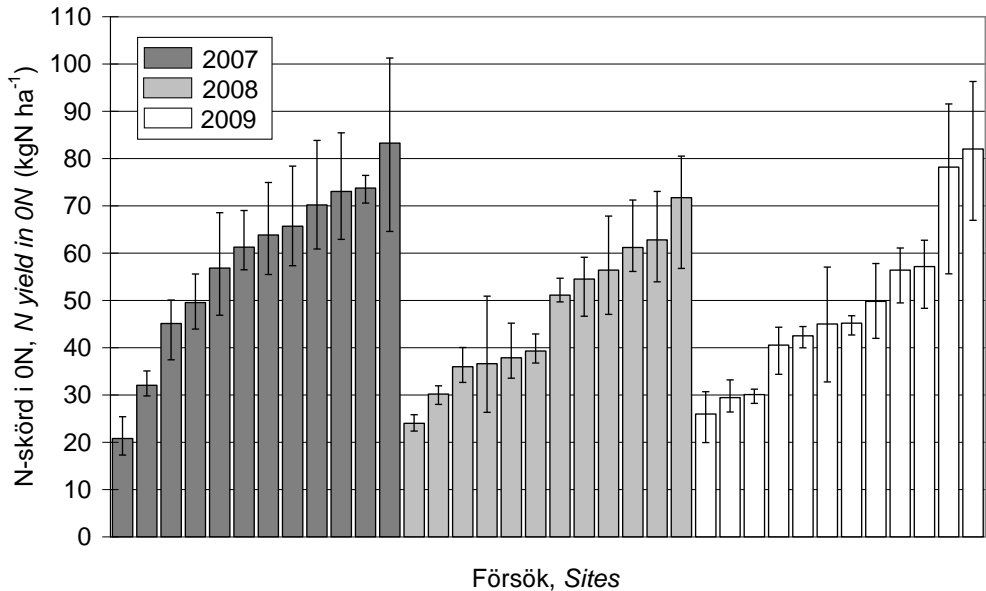
Figur 4. Beräknad ekonomisk optimal kvävegiva i de 36 försöken. Försöken är sorterade årsvis efter stigande optimal kvävegiva.

Figure 4. Calculated average economic optimum N fertilization on the 36 sites. The sites are sorted within each year according to economic optimum N fertilization.



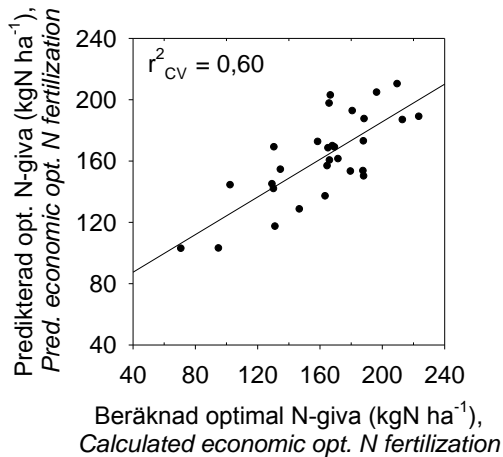
Figur 5. Sambandet mellan beräknad ekonomisk optimal kvävegiva och a) skörd vid optimal kvävegiva och b) Kväveskörd i 0N-led för 29 försök. Försök med sorten Harnesk uteslutna.

Figure 5. Correlation between calculated economic optimum N fertilization and a) Yield at optimum nitrogen fertilization and b) Nitrogen yield in the 0N treatment for 29 trials, excluding trials sites the Harnesk.



Figur 6. Medelkväveskörd i 0N-leden i de 36 försöken med min- och maxvärden markerade. Försöken är sorterade årsvis efter stigande kväveskörd.

Figure 6. Average N yield at the 36 sites with indicated minimum and maximum values. The sites are sorted within each year according to N yield.

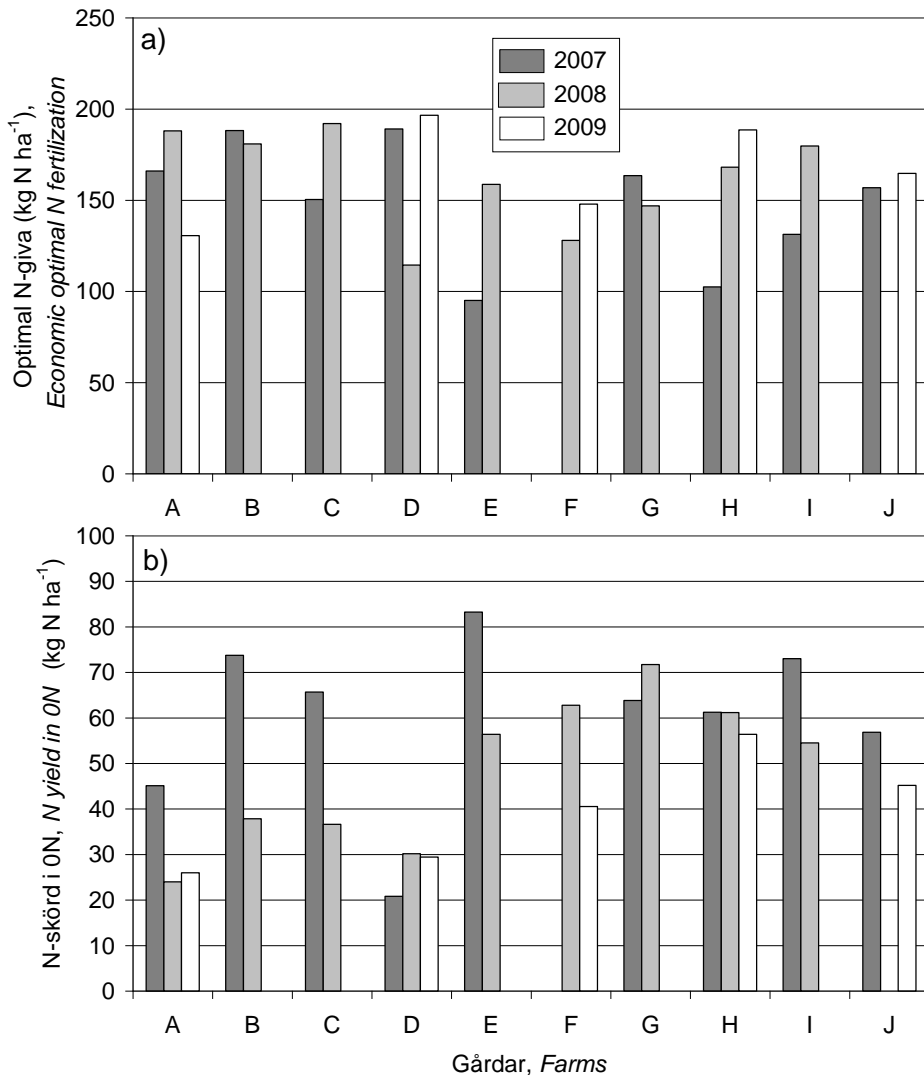


Figur 7. Predikterad (korsvaliderad) optimal kvävegiva utifrån kväveskörd i 0N-led och skörd vid optimal kvävegiva mot beräknad optimal kvävegiva. Försök med sorten Harnesk uteslutna.

Figure 7. Predicted (cross validated) versus calculated economic optimum nitrogen fertilization using a calibration model based on nitrogen yield in 0N treatments and yield at economic optimum nitrogen fertilization. Excluding sites with Harnesk.

Försök gjordes även att prediktera optimal N-giva med ler- och mullhalt och mineral-N ner till 60 cm tidig vår och efter skörd. Men ingen av parametrarna varken enskilt eller tillsammans lyckades. Korsvaliderat r^2 blev som bäst 0,09 (enbart mullhalt).

Resultat från de försök som har legat på samma gård, om än inte på samma plats, visade på en variation även inom gårdarna i både optimal N-giva och N-



Figur 8. Beräknad ekonomisk optimal kvävegiva (a) och Kväveskörd i 0N-led (b) i de försök som legat på samma gård (ej samma plats) i mer än ett år.

Figure 8. Calculated economic optimum N fertilization(a) and Nitrogen yield (b) at the field trials located at the same farm (not exactly the same site) during more than one year.

skörd i 0N-led (figur 8). Även om en del av skillnaderna kan tänkas bero på årsvariationer ger det ändå en indikation på svårigheterna att generalisera över större geografiska områden. Flera tidigare studier har även visat på mycket stora variationer i N-mineralisering även inom fält (t ex Delin et al., 2005; Wetterlind et al., 2008). För att kunna säga något om hur generella eller stabila

skillnaderna i kväveleverans från marken är behövs dock ett annat försöksupp-
lägg där samma platser återkommer under flera år.

Bestämning av N-skörd i 0N-led

Markparametrar

Det fanns ett svagt samband mellan de analyserade markparametrarna i projek-
tet (ler- och mullhalt samt mineralkväve ner till 60 cm djup tidig vår och efter
skörd) och N-skörd i 0N-led, $r^2 = 0,35$ om alla parametrar ingick. En korsvali-
dering resulterade dock i ett r^2 -värde på 0,04 vilket visar att sambandet inte
gick att använda för att prediktera 0N-skörd. Tyvärr var inte alla analyser gjor-
da i alla försök varför endast 20 platser hade analysvärden på alla parametrar.
Det var alltså ganska få observationer och fler behövs för att kunna göra en
säkrare bedömning. För de enskilda parametrarna fanns det runt 30 platser för
varje parameter men sambanden mellan de enskilda parametrarna och N-skörd
i 0N-led var svagare än kombinationen av alla parametrar och kunde inte heller
prediktera N-skörd i 0N-led.

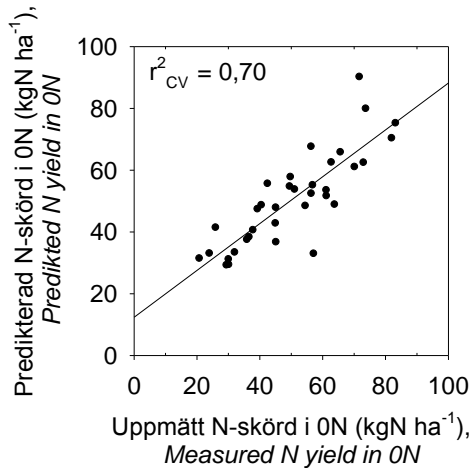
N-sensormätningar i 0N-led

Variationen mellan platserna som sågs vid de tidiga mätningarna i 0N-rutorna
med N-sensorn runt DC 30 (DC 22 2007) var inte den samma som den senare
variationen i skörd och kunde därför inte användas för att prediktera N-skörd i
0N-led.

Sensormätningarna i 0N-led vid DC 37 visade däremot på mycket goda sam-
band med N-skördarna i samma led, och prediktioner av N-skörd i 0N-led för
alla 35 platser (en plats 2009 saknade mätningar) resulterade i ett korsvaliderat
 r^2 -värde på 0,70 (figur 9). Tabell 1 visar resultat för bestämningar av N-skörd i
0N-led utifrån sensormätningar enskilda år samt för alla år tillsammans. En
kombination av Si1 och Si2 gav bäst resultat i alla fall utom för 2009 då SN-
värdet gav bäst prediktioner. Resultaten 2009 blev dock något sämre än övriga
år och någon enkel förklaring till det kunde inte hittas. Värt att notera är det
faktum att det bara är 12 försök per år (11 2009), vilket kan tänkas vara i mins-
ta laget. Medelavvikelsen (RMSECV) var 10 kg N ha⁻¹ eller mindre för alla år.

I tabell 2 redovisas resultat från prediktioner av N-skörd i 0N-led enskilda år
gjorda med kalibreringsmodeller från sensormätningar de två andra åren. Ka-
libreringsresultaten är goda med r^2 -värden mellan 0,70 och 0,86 och medelav-
vikelser på 8 kg N ha⁻¹. Prediktionerna för de enskilda åren blev dock sämre för
2008 och 2009. Kalibreringsmodellerna tycks inte ha varit tillräckligt generella
för att lyckas prediktera N-skördarna ett år som inte ingått i kalibreringen. Med

ett större underlag med fler försök och fler år ökar möjligheterna att kunna skapa mer generella kalibreringar.



Figur 9. Sensorpredikterad (korsvaliderad) N-skörd i ON-led mot uppmätt N-skörd i ON-led för alla 35 försök.

Figure 9. Sensor predicted (cross validated) yield in ON treatments versus measured yield in ON treatments for all 36 sites.

Tabell 1. Resultat, enskilda år samt alla år tillsammans, av sensorkalibreringsmodeller (Si1 + Si2) för bestämning av kväveskörd i ON-led, cal = kalibrering och CV = korsvalidering.

Table 1. Results, for individual years as well as all years together, for sensor based calibration models (Si1+Si2) for predictions of nitrogen yield in the ON treatments, cal = calibration and CV = cross validation.

	n_{cal}	r^2_{cal}	RMSEC ^a	n_{cv}	r^2_{cv}	RMSECV ^b
2007	12	0,85	7	12	0,74	9
2008	12	0,87	5	12	0,79	7
2009 ^c	11	0,69	8	11	0,54	10
2007-2009	35	0,76	8	35	0,70	9

^a Root mean square error of calibration (kg N ha⁻¹)

^b Root mean square error of cross validation (kg N ha⁻¹)

^c I kalibreringsmodellen för 2009 användes SN-värdet istället för Si1+Si2.

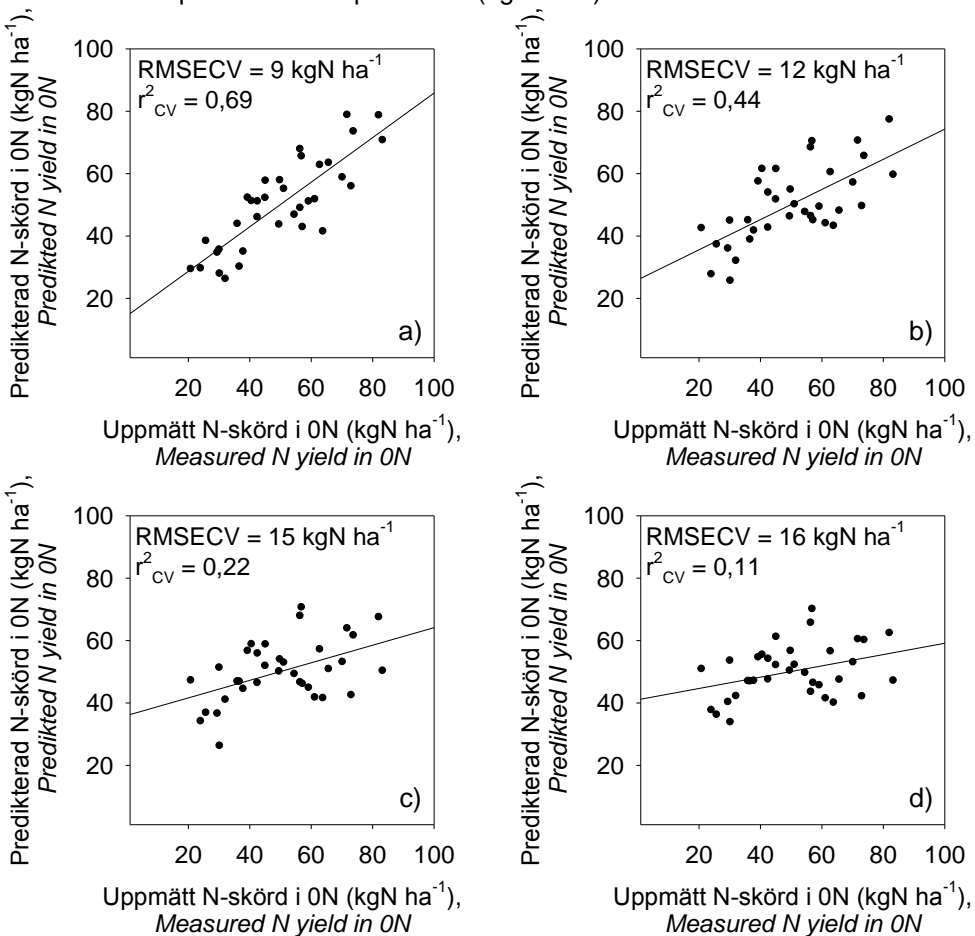
Tabell 2. Resultat av sensorpredikterad kväveskörd i ON-led för enskilda år där kalibreringsmodellen gjorts med mätningar från de två andra åren. Si1+Si2 har använts i alla kalibreringar. Cal = kalibrering och P = Prediktering

Table 2. Results for sensor based predictions for nitrogen yield in the ON treatments for individual years using calibration models developed using measurements from the other two years. Cal = calibration and P = prediction.

	n_{cal}	r^2_{cal}	RMSEC ^a	n_P	r^2_P	RMSEP ^b
2007						
modell 2008+2009	23	0,70	8	12	0,69	10
2008						
modell 2007+2009	23	0,79	8	12	0,20	13

^a Root mean squared error of calibration (kg N ha^{-1})

^b Root mean squared error of prediction (kg N ha^{-1})



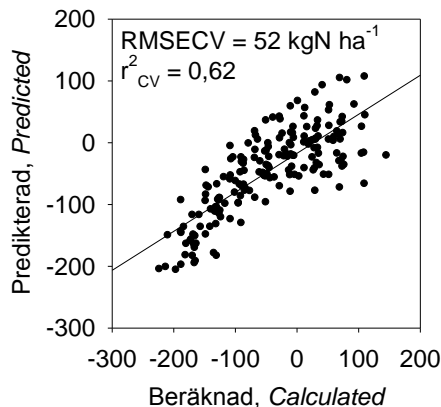
Figur 10. Sensorpredikterad (korsvaliderad) N-skörd i 0N-led mot uppmätt N-skörd i 0N-led för all 35 försök. Sensor mätningarna var gjorda i led som fått a) 40 kg N ha^{-1} , b) 80 kg N ha^{-1} , c) 120 kg N ha^{-1} och 160 kg N ha^{-1} .

Figure 10. Sensor predicted (cross validated) yield in 0N treatments versus measured yield in 0N treatments for all 35 sites. The sensor measurements were made in treatments receiving a) 40 kg N ha^{-1} , b) 80 kg N ha^{-1} , c) 120 kg N ha^{-1} and 160 kg N ha^{-1} .

N-sensormätningar i gödslade led

Resultatet från N-sensormätningar i gödslade led för att prediktera N-skörd i 0N-led visas i figur 10. Vid låga N-givor gick det fortfarande bra att prediktera N-skörden i 0N-led, men med stigande N-giva minskade prediktionsförmågan snabbt.

Figur 11 visar resultatet av testet att använda N-sensormätningarna i alla led för att beräkna avvikelse i gödselgiva jämfört med optimal N-giva. Det fanns ett relativt bra samband men medelavvikelsen i prediktionerna, drygt 50 kg N ha⁻¹, är hög. Spridningen ökade med ökad överoptimal N-giva och sambandet var tydligt icke linjärt.



Figur 11. Sensorpredikerad (korsvaliderad) mot beräknad skillnad från optimal kvävegiva. Sensormätningarna är gjorda i led som fått 0 till 240 kg N ha⁻¹. Försök med sorten Harnesk uteslutna.

Figure 11. Sensor based predicted (cross validated) versus calculated difference from economic optimum nitrogen fertilization. The sensor measurements were carried out in treatments receiving 0 to 240 kg N ha⁻¹, excluding sites with Harnesk.

Slutsatser

Det var stora variationer i både optimal N-giva och N-skörd i 0N-led mellan de 36 försöksplatserna även inom de enskilda åren.

För att komma så nära optimal N-giva som möjligt räcker det inte att ta hänsyn till förväntad skörd utan även markens leverans av kväve måste tas med i beräkningen (här mätt som N-skörd i 0N-led).

I det här redovisade projektet kunde inte statistiska parametrar som lerhalt eller mullhat förklara variationen i N-skörd i 0N-led. Även mängden mineralkväve i marken (0-60 cm) på våren eller efter skörd visade endast svaga samband med N-skörd i 0N-led.

Bäst samband med N-skörd i 0N-led hade mätningar vid flaggbladsstadiet i samma led med en handburen Yara N-sensor. Mätningar tidigare under säsongen, i början av stråskjutningen, var för tidiga och visade endast på svaga samband.

Att etablera 0N-rutor skulle kunna vara ett viktigt redskap för att hamna rätt i N-giva. Förutom information om den faktiska kväveleveransen på platsen det aktuella året ger en mätning med en handburen N-sensor vid flaggbladsstadiet en möjlighet att ta hänsyn till årsmånen vid en kompletteringsgödsling.

Projektet visar på mycket god potential för att använda N-sensormätningar för beräkning av 0N-skörd i 0N-rutor, men för att skapa säkrare beräkningsmodel-

ler behövs ytterligare försök. Något som märktes då modeller byggda på mätningar från två år användes för att bestämma N-skörden i 0N-led ett tredje år.

Referenser

- Delin, S. & Lindén, B. 2002. Relations between net nitrogen mineralization and soil characteristics within an arable field. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 52,78-85.
- Delin, S., Linden, B. & Berglund, K. 2005. Yield and protein response to fertilizer nitrogen in different parts of a cereal field: potential of site-specific fertilization. *European Journal of Agronomy* 22,325-336.
- Davies, A.M.C. & Giangiacomo, R. (ed.) 2000. *Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 9th International Conference, Verona, Italy*. NIR Publications, Chichester, UK.
- Esala, M. 2002. Inorganic nitrogen content in soil in spring as a tool for predicting optimal fertilization. *DIAS Report, Plant Production*, 113-117.
- Gee, G.W. & Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis, p. 383-411, *In A. Klute, ed. Physical and mineralogical methods, Vol. 9, 2 ed.* Soil Science Society of America, Madison.
- Gruveaus, I. 2007. Kvävebehov i höstvetete under olika odlingsförutsättningar. Försöksrapport 2007 för mellansvenska försökssamarbetet. *Hushållningssällskapens Multimedia*. s. 26-27
- Körschens, M., Weigel, A. & Schulz, E. 1998. Turnover of soil organic matter (SOM) and long-term balances - Tools for evaluating sustainable productivity of soils. *Zeitschrift Fur Pflanzenernahrung Und Bodenkunde* 161,409-424.
- Martens, H. & Naes, T. 1989. *Multivariate calibration* John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Stenberg, B., Jonsson, A. & Borjesson, T. 2005. Use of near infrared reflectance spectroscopy to predict nitrogen uptake by winter wheat within fields with high variability in organic matter. *Plant and Soil* 269,251-258.
- Wetterlind, J., Stenberg, B. & Jonsson, A. 2008. Near infrared reflectance spectroscopy compared with soil clay and organic matter content for estimating within-field variation in N uptake in cereals. *Plant and Soil* 302,317-327.

Rapporter från institutionen för mark och miljö

- 1 2009 Wiklander, G. & Aronsson, H. (Red.) Mark- och miljödagen 2009. Marken och klimatet. *Soil and Climate*.
- 2 2009 Ulén, B. & Eriksson, A. K. Observationsfält med lerjord – karakterisering av fosforns löslighet och sorption. *Observation fields with clay soils – characterisation of soil phosphorus solubility and sorption*.
- 3 2009 Bjäresten, I., Rosén, K. & Jönsson, B. Erfarenheter och motåtgärder inom jordbruket i Jämtlands län efter Tjernobylnedfallet, 1986-1992. *Experiences and countermeasures in Jämtland county after Chernobyl fallout, 1986-1992*
- 4 2010 Wetterlind, J. Mätningar med Yara N-sensor för att skatta markens kvävelevererande förmåga. *Using Yara N-sensor to estimate soil nitrogen mineralisation*

I denna serie publiceras forsknings- och försöksresultat från institutionen för mark och miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet. Serien spänner över ämnesområdena markkemi, markfysik, markbiologi och vattenvård.

In this series research results from the department of Soil and Environment at the Swedish University of Agricultural Sciences are reported. The reports are issued within the areas biogeochemistry, biogeophysics, soil biology and water quality.

Distribution:

SLU
Institutionen för mark och miljö
Box 7014
SE-750 07 UPPSALA
