



Precisionssodling – teknik och möjligheter

Litteraturöversikt och lägesbeskrivning

Christina Lundström, Sofia Delin och Knud Nissen

Institutionen för jordbruksvetenskap Skara
Avdelningen för mark-växter

Precisionssodling i Väst
Teknisk Rapport 5
Skara 2001
ISSN 1650-7169

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning.....	3
Förord.....	5
Precisionsodling – vad innebär det?.....	6
Mål med precisionsodling.....	7
Miljö.....	7
Förbättrad skörde kvalitet.....	8
Förbättrad ekonomi i odlingen.....	8
GPS – positionsbestämning.....	9
GIS – Geografiska InformationsSystem.....	11
Hantering av geografiska data (utdrag ur Delin, 2000).....	11
Kontinuerliga ytor från punktdata.....	12
Regression.....	15
Olika skördekarteringsprogram.....	15
MF Yieldmap.....	15
AgroSat.....	16
Claas Agro-Map.....	16
RDS Precision Farming (RDS PF).....	17
Överensstämmelse mellan rådata och olika skördekarteringsprogram.....	17
Markkartering.....	18
Optimering av markprovtagning.....	18
Skördevariationer.....	20
Skördemätning i spannmål, oljevaxter och ärtor.....	22
Fieldstar.....	22
RDS Ceres och Claas AgroCom.....	23
Yield logger.....	24
Svårigheter vid skördemätning.....	24
Skördemätning i potatis, sockerbetor och vall.....	25
Potatis.....	25
Vall.....	26
Sockerbetor.....	27
Skördeuppskattning med satellitbilder.....	28
System för att mäta skörde kvalitet.....	29
Variation i kvalitet.....	29
Vattenhaltsbestämning.....	29
Kontinuerlig proteinhaltsbestämning med NIT.....	30
Tolkning av skördekartan.....	30
Spannmål, oljevaxter och ärtor.....	30
Potatis och sockerbetor.....	31
Fjärranalys.....	32
Vad är ljus?.....	33
Styr- och reglerteknik.....	34
Datamodul för varierade givor.....	34
Styrfiler.....	35
PCMCIA-kort.....	36
Teknik för varierad kalkning.....	36
Teknik för varierad gödsling.....	36
Teknik för varierad stallgödselspridning.....	36

Dosreglering vid bekämpning.....	36
Precisionskalkning	37
Varierad kalkgiva på basis av markkartan.....	38
Precisionsgödsling.....	40
Kväve	40
Faktorer som påverkar kvävetillgången	41
Mineralkväveanalys (kvävekartering) på våren	42
Växt- och jordanalys.....	43
Nitratstickor	44
Klorofyllmätare (Kalksalpetermätare).....	44
Fjärranalys	45
Fosfor och kalium	48
Växtskydd.....	50
Ogräsbekämpning.....	51
Manuell kartläggning av ogräsförekomst	52
Platsspecifik ogräsbekämpning med hjälp av bildanalys.....	52
Ogräsdetektion med spektroradiometriska sensorer	53
Ogräsbekämpning efter jordart	53
Jordbearbetning	54
Litteratur.....	54
Personliga meddelanden.....	56

Förord

Detta material är producerat inom Agroväst-projektet Precisionsodling i Väst för att användas inom Jordbruksverkets rådgivningssatsning ”Greppa näringen”. Framtagningen av materialet har bekostats av Jordbruksverket.

Författare är Christina Lundström, Agroväst, Sofia Delin, SLU, Institutionen för Jordbruksvetenskap, Skara och Knud Nissen, Odalmaskin/Agroväst. Utöver citerad litteratur har material och upplysningar erhållits från ett antal företag och enskilda personer (se personliga meddelanden och bildreferenser). Innehållet har granskats av en projektgrupp inom Precisionsodling i Väst bestående av följande personer:

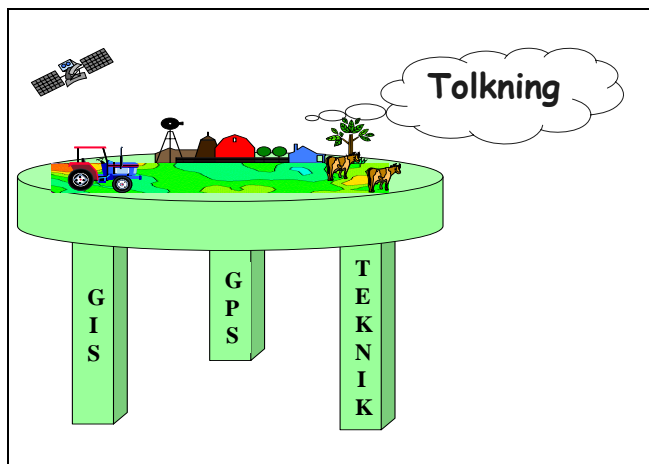
Bertil Albertsson, SJV i Skara
Knud Nissen, Odalmaskin/Agroväst, Lidköping
Mats Söderström, Odal, Lidköping
Johan Roland, SLU, Institutionen för Jordbruksvetenskap, Skara
Thomas Börjesson, Odal, Lidköping
Lars Thylén, JTI, Uppsala
Tomas Kjellquist, Hydro Agri AB, Landskrona
Henrik Andersson, HBK Lantmän, Falkenberg
Ingemar Gruvaeus, Hushållningssällskapet Skaraborg, Skara
Lennart Hedén, Länsstyrelsen i Västra Götaland, Skara
Kjell Gustavsson, Odal, Lidköping
Börje Lindén, SLU, Institutionen för Jordbruksvetenskap, Skara
Ulf Axelsson, Hushållningssällskapet Skaraborg, Skara
Sven Klint, Svalöf Weibull AB, Kvänum
Per-Åke Sahlberg, LRF, Lidköping
Lars Wijkmark, Hushållningssällskapet Halland, Falkenberg

Precisionsodling – vad innebär det?

Precisionsodling, växtplatsanpassad odling eller platsspecifik odling är relativt nya begrepp med samma innebörd. Avsikten är att variera odlingsåtgärderna efter de lokala förutsättningarna inom det befintliga skiftet.

Under årens lopp har storleken på enskilda åkrar ökat genom sammanslagningar av mindre skiften, borttagning av öppna diken och andra odlingshinder. Från att från början ha haft mycket små tegar där lantbrukaren kunde känna sin mark mycket väl, har dagens stora enheter försvårat möjligheterna till överblick och kunskap om detaljerna. Precisionsodling är ett sätt att återigen dela upp de stora åkrarna i mindre områden, följa förändringar, öka kunskapen och bättre styra insatserna efter varje enskilt områdes förutsättningar.

Jordens naturliga variation beror på dess historia, där många faktorer såsom topografi, ålder, modermaterial och klimat spelar in. Dessutom påverkas marken av den odlingsteknik avseende gödsling, växtföljd m.m., som har tillämpats under en kortare eller längre tid. Dessa faktorer har medfört att jorden varierar både i sin kemiska och fysikaliska sammansättning. Den kemiska sammansättningen bestämmer näringsförhållanden och pH, medan de fysikaliska egenskaperna, såsom textur och struktur, bland annat styr markens känslighet för packning och dess vattenhållande förmåga. Innehållet av organiskt material och kvaliteten på detta är också starkt knutna till markens historia och av avgörande betydelse för en jords egenskaper. Undersökningar har visat att jordartsvariationen inom ett område på ett hektar kan vara omkring dubbelt så stor som variationen inom en mindre del av denna yta. Ju större åkrarna blir desto större variation kan alltså rymmas inom dem.



Figur 1. Precisionsodlingens tre grundförutsättningar utgörs av möjligheterna till positionsbestämning (GIS), hantering av positionsbestämda data (GIS) och teknik för att kunna variera olika insatser.

Precisionsodlingen vilar på tre ”ben”. Det första är en noggrann positionsbestämning med GPS-teknik. Genom en bra bestämning av positionen öppnar sig möjligheter att dela upp ett skifte i mindre delar och behandla dessa olika. På samma sätt finns också möjligheter att följa upp förändringar och åtgärder mer ingående, när man vet vad som har gjorts inom varje delyta. Precisionsodlingens andra ben utgörs av GIS (Geografiska informationssystem). GIS underlättar hanteringen av koordinatsatta data och åskådliggör skillnader och varierade åtgärder inom ett skifte för att öka kunskapen om odlingen, underlätta tolkningen och fungera

som beslutsunderlag. Det tredje benet utgörs av den nya teknik som till en del finns idag men som ännu bara används i begränsad omfattning. Dels behövs ytterligare teknik för kontinuerliga mätningar, exempelvis för kvalitetsbestämning under pågående skördskörd, och dels behövs förfinad teknik för att styra de varierade insatser som blir följden av den ökade kunskapen. Kraven på tekniken måste följa noggrannheten i det material som fungerar som beslutsunderlag för insatsen. I vissa fall finns det skäl att ha betydligt större precision än i andra. Varierad ogräsbekämpning ska styras efter ogräsförekomsten, som växlar snabbt, medan spridning av kalk inte ställer samma krav på precision inom små ytor.

I dag tillämpas skördemätning i vissa grödor, precisionskalkning och varierad N-, P-, K-gödsling i praktiken. Inom dessa områden fungerar tekniken tillfredsställande. När det gäller tolkning av kartor för styrning av åtgärder samt kunskap och erfarenhet om de långsiktiga effekterna, har utvecklingen däremot bara börjat.

Det är inte självklart att det blir enklare med precisionsodling. Mer kunskap ger alltid fler och nya frågeställningar. Precisionsodlingen ger dock förutsättningar för ökad insikt om odlingen och hur förhållandena är och varierar. Större precision i odlingen bör ge ett bättre resultat i form av ökad skörd och högre och jämnare kvalitet. Ett bättre utnyttjande av insatserna måste leda till ökad effektivitet, vilket i sin tur bör innebära mindre miljöpåverkan. För att tekniken ska användas i stor omfattning måste den också förbättra ekonomin för den enskilde lantbrukaren.

Mål med precisionsodling

Målet för precisionsodlingen är att inom varje liten del av det enskilda skiftet styra insatserna när det gäller gödsling, kalkning, jordbearbetning och bekämpning för att optimera avkastning och kvalitet. Den övergripande målsättningen är härvid att effektivisera odlingen, förbättra resursutnyttjandet och förstärka ekonomin i lantbruket. Precisionsodling ger också lantbrukaren goda möjligheter att bättre lära känna sina marker och lättare kunna följa upp resultaten av olika åtgärder. Med en noggrannare uppföljning blir det också på sikt möjligt att göra egna försök på gården, med aktuella förutsättningar.

Miljö

Under de senaste femton åren har jordbrukets miljöpåverkan diskuterats livligt. Åtgärder som förbättrar utnyttjandet av tillförd gödsel och därmed minska förlusterna av växtnäring ligger i både samhällets och lantbrukets intresse. Bättre metoder för att bedöma behovet av kväve på mindre områden av ett skifte innebär minskad risk för onödigt stor kvävetillförsel och därmed också reducerad nitratutlakning. Det är inte säkert att resultatet blir mindre kvävetillförsel totalt, men effektiviteten av det tillförda kvävet bör förbättras och därmed bör risken för kväveförluster till yt- och grundvatten minska.

Jordbruksmarkens innehåll av fosfor har stor betydelse för förlusterna av fosfor till omgivande vatten. Därför är det viktigt att anpassa fosforgödslingen efter markens innehåll. Fosfor är en begränsad resurs, vilket i sig är ett tungt vägande argument för begränsad tillförsel. I gällande regler för djurtäthet i jordbruket är det fosformängden i stallgödsel i förhållande till tillgänglig spridningsareal, som begränsar antalet djur på en gård. Differentierad stallgödselspridning efter markens fosfortillstånd skulle ge lantbrukarna en möjlighet att utnyttja sin stallgödsel på bättre sätt genom att undvika stallgödselspridning eller minska denna på områden med höga fosforvärden.

Det är också angeläget att minska och effektivisera användningen av kemiska bekämpningsmedel. Målsättningen är att minska användningen av bekämpningsmedel och behovsanpassa dosen. Hittills har bekämpningsbehovet i de flesta fall bedömts som ett genomsnitt för hela fältet. Skilda skadegörare har olika spridningssätt, vilket inverkar på hur mycket angreppen varierar. Vissa skadegörare förekommer endast lokalt inom ett fält, medan andra ofta angriper mer eller mindre hela fältet samtidigt. När det gäller ogräs är skillnaderna också stora mellan olika arter. Därmed varierar förutsättningarna för differentierad bekämpning. Liksom på växtnäringssidan gäller det att finna metoder för att bedöma bekämpningsbehovet inom mindre områden av ett fält och därefter reglera dosen. Differentierad bekämpning skulle kunna medföra mindre totalanvändning av kemiska bekämpningsmedel.

Mekanisk ogräsbekämpning efter skörd ger ökad risk för markpackning och utlakning av kväve. Därför bör inte större areal än nödvändigt bearbetas upprepade gånger. Onödig körning innebär ökad bränsleförbrukning, vilket både är oekonomiskt för lantbrukaren och negativt för miljön. Med en karta över ogrässituationen skulle det vara lättare att styra också den mekaniska ogräsbekämpningen. Detta arbetssätt vore viktigt inom den ekologiska odlingen, där tistel och kvickrot ofta utgör problem och tillgången till växtnäring är begränsad.

Förbättrad skörde kvalitet

Genom att anpassa åtgärder bättre efter ett skiftes olika förutsättningar kan skörde kvaliteten förbättras på flera sätt:

En bättre anpassad kvävegiva minskar risken för liggsäd, grönskott och lägre falltal. Liggsäd ger i sin tur upphov till högre vattenhalter vid skörd, vilket kräver långsammare tröskning och längre torktid.

En bättre anpassad kvävegiva bör ge en jämnare proteinhalt, vilket är en viktig kvalitetsaspekt, framförallt för brödvete och malkorn.

Genom kontinuerlig mätning av protein- och vattenhalt vid tröskning bör det på sikt vara möjligt att skilja ut partier med sämre kvalitet.

Förbättrad ekonomi i odlingen

Med en mer anpassad gödsling, bekämpning, jordbearbetning m.m. efter odlingsförutsättningarna på olika delar av ett skifte skulle totalekonomin kunna förbättras på sikt när tekniken blir billigare. Kraven på den skördade varans kvalitet ökar också hela tiden. Bättre och jämnare kvalitet både hos spannmål och specialgrödor kommer sannolikt att bli allt viktigare för att få maximal betalning för produkterna.

GPS – positionsbestämning

Global Positioning Systems (GPS) används för att bestämma var man befinner sig. En GPS-mottagare anger position med hjälp av signaler från ett antal satelliter. GPS-systemet började byggas ut i början av 1980-talet av Förvarsdepartementet i USA. 1995 förklarades GPS-systemet fullt utbyggt. Det finns ett motsvarande ryskt system som heter GLONASS, men det används inte i någon större omfattning i Sverige. Det finns också planer på att bygga upp ett motsvarande europeiskt system inom EU.

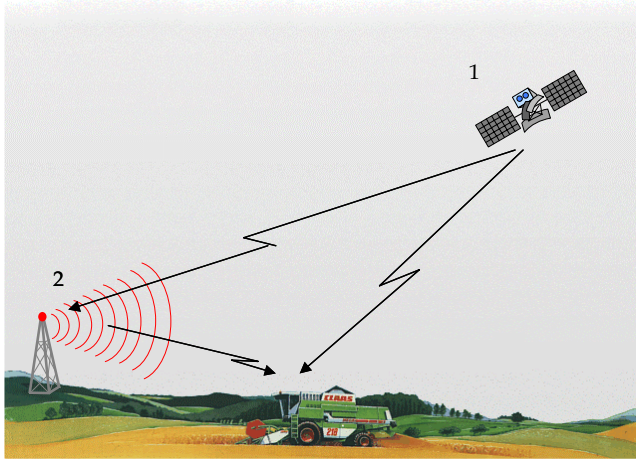
Totalt omfattar systemet 24 satelliter som rör sig i banor runt jorden för att positioneringen ska fungera oavsett var på jordytan man befinner sig. Satelliterna rör sig i sex olika banor, med fyra satelliter i varje bana. På så sätt ska man var som helst på jorden alltid kunna ha kontakt med minst fyra satelliter samtidigt och kunna navigera efter dem. I Sverige kan vi oftast ha direktkontakt med åtta satelliter på en gång. För säker positionering räcker det med signaler från fyra. Ju mer spridda dessa är över himlen desto säkrare blir positionen. Det är viktigt att GPS-mätaren har ”fri sikt” mot satelliterna och inte kommer i skugga av byggnader, skog eller liknande.

GPS-signalen är gratis och alla som vill kan använda sig av den. Det finns ett antal olika GPS-mottagare på marknaden. Ju fler kanaler mottagaren har desto fler satellitsignaler kan den ta emot samtidigt och desto snabbare och noggrannare blir positioneringen. Noggrannheten kan också förbättras genom att mättiden ökas.

Fram till i maj 2000 sände NASA ut en störsignal för att minska noggrannheten för civila användare. För att förbättra positioneringen användes en korrektionssignal från en fast referensstation på marken. Utan korrektionssignal var noggrannheten bara +/- 100 m. Med korrektionssignal kunde noggrannheten ökas till mellan 0,5 och 2 m. Trots att störsignalen nu är borta, krävs det fortfarande en korrektionssignal för att få bra positionsbestämning. Det finns inte några officiella uppgifter om vilken noggrannhet som kan förväntas idag utan korrektionssignal, men den är troligen mellan 5 och 20 m beroende på vilken utrustning som används (Nissen, K. pers. medd.).

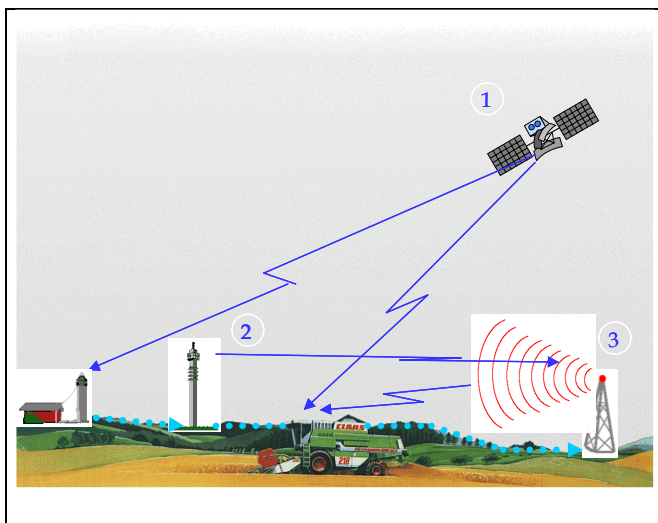
GPS-mottagare som använder korrektionssignal för att förbättra positioneringen brukar kallas DGPS (Differentierad GPS). För att det ska vara meningsfullt med precisionsodling, krävs en noggrann positionsbestämning. Annars kan inte tekniken utnyttjas maximalt. Det är viktigt med en god överensstämmelse mellan upprepade mätningar så att dräneringssystem, brunnar och provtagningspunkter m.m. lätt går att återfinna. Annars förloras en betydande del av värdet med användningen. Korrektionssignalen kan fås på olika sätt. Det finns tre olika system som används. Noggrannheten i korrektionssignalen är likartad hos de tre systemen:

Det billigaste alternativet är att använda korrektionssignaler från sjöfartens långvågssignal (se figur 2). Det är gratis men fungerar i första hand längs kusterna och Väneren (Thylén & Algerbo, 1998). Långvågsmottagare är dock dyrare än RDS-mottagare (se nedan).



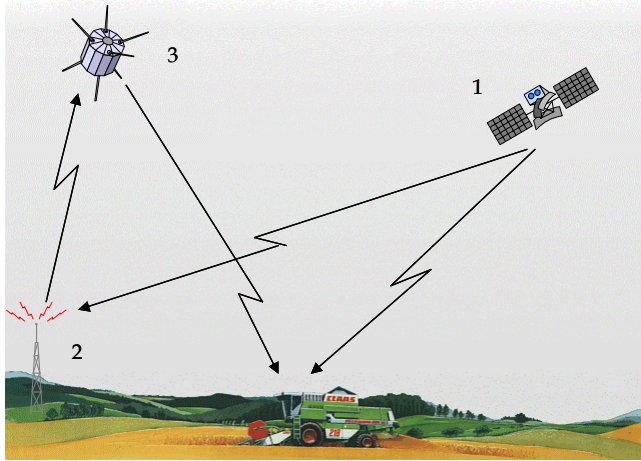
Figur 2. Korrektionsignal från sjöfartens långvågssignal (1= GPS-satellit, 2 = Sjöfartens långvågssignal).

Det går också att använda sig av den korrektionssignal som Teracom sänder ut via sin RDS-signal (Radio Data System: datakanal på FM-bandet) (se figur 3). Det är samma signal som styr bilstereon i bilen. För att få tillgång till denna korrektionssignal krävs ett abonnemang, med en avgift.



Figur 3. Korrektionsignal via RDS-nätet (1 = GPS-satellit, 2 = Kaknästornet som sänder ut signalen, 3 = regional antenn som vidarebefodrar signalen från Kaknästornet till tröskan).

Det tredje alternativet är att utnyttja systemet Racal (se figur 4). Det är en satellitbaserad korrektionssignal. Racal tar emot signaler från markbundna referensstationer och skickar sedan tillbaka den via en geostationär satellit till användaren. Det krävs ett abonnemang även för denna tjänst. Fördelen med detta system är att det fungerar över stora delar av världen.



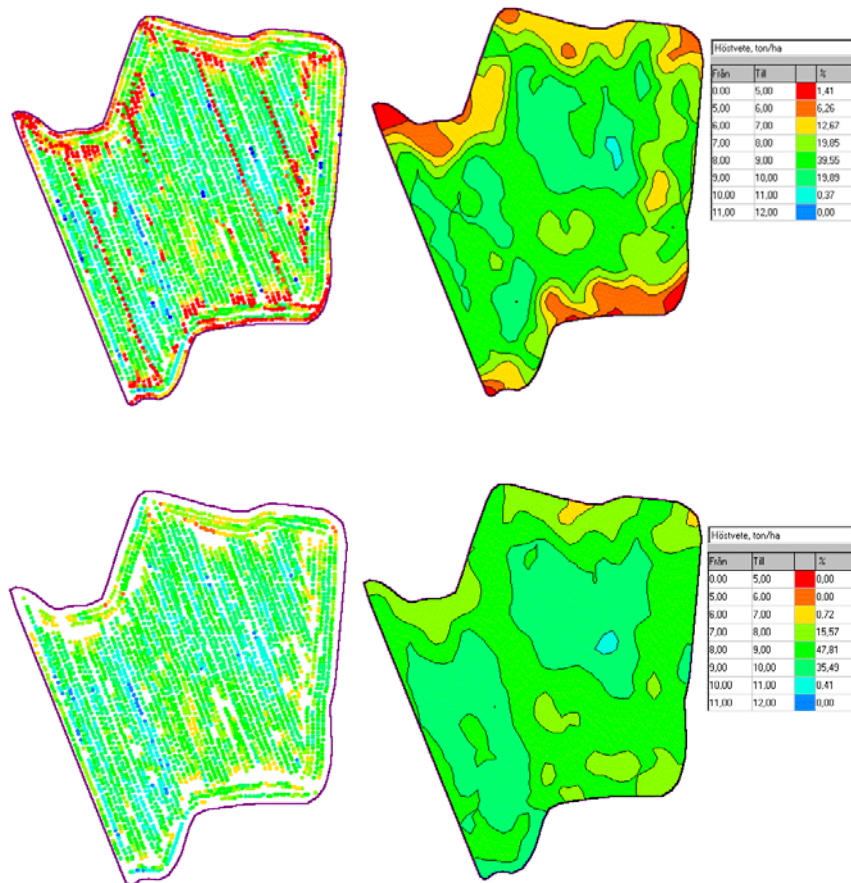
Figur 4. Korrektionssignal med hjälp av geostationära satelliter (1 =GPS-satellit, 2 = referensstation, 3 = geostationär satellit).

GIS – Geografiska InformationsSystem

Hantering av geografiska data (utdrag ur Delin, 2000)

Filtrering av data

I vissa fall kan rådata från en provtagning delvis bestå av mätvärden som till följd av mätfel är direkt felaktiga. Vid skördekartering registreras skördemängder som är lika med noll i början av ett kördrag, eftersom kärnorna ännu inte nått fram till mätutrustningen. Låga skördevärden registreras också om man inte kör med full skärbordsvidd. Felaktiga data bör filtreras bort innan man fortsätter sin geografiska analys. Detta kan till stor del göras genom en rutinmässig databearbetningsprocedur. Man kan t.ex. filtrera bort orimligt höga eller låga värden eller ta bort de första observationerna i varje kördrag (se figur 5).



Figur 5. Överst är två ofiltrerade kartor, dels med faktiska mätpunkter och dels med interpolerade värden. Under har data filtrerats. Exemplet visar effekten av tegkörning och kördrag på de övre kartorna där skärbordsvidden inte varit fullt utnyttjad. Efter filtrering av data (under) blir resultatet mycket jämnare.

Kontinuerliga ytor från punktdata

Nästan all information vi skaffar oss från ett fält genom diverse provtagningar är information om punkter. Men ofta är man intresserad av information kontinuerligt över ytan. Punktdata kan användas för att uppskatta variationen över ytan.

Interpolering

Interpolering är en metod att mellan provpunkter skatta värden på platser som inte är provtagna och på så sätt omvandla data från punktobservationer till kontinuerliga ytor. Beräkning av värden på platser utanför det provtagna området benämns extrapolering. Det finns flera metoder att interpolera mellan mätpunkter, vilket beskrivs nedan:

Närmaste granne

En enkel interpoleringsmetod är att ge varje okänd punkt samma värde som närmast belägna kända punkt. Om mätpunkterna är oregelbundet spridda innebär detta att fältet kommer delas upp i homogena polygoner av olika storlek och form. (Figur 6a). Övergångarna blir skarpa, och det uppskattade värdet i en viss punkt avgörs endast av det värde som uppmätts i den punkt som råkar ligga närmast. Denna metod är enkel, men i de flesta fall inte den lämpligaste för variabler som förändras gradvis över ytan. Om det gäller kvalitativa data som jordartsklass är det svårt att interpolera, och då kan närmaste granne vara den bästa metoden. Men kvalitativa data används sällan i precisionsodlingssammanhang.

Invers distans

Interpolering med *invers distans* (Figur 6b) ger gradvisa förändringar över ytan. Vid varje punkt beräknas ett medelvärde för omkringliggande punkter och varvid s.k. viktning görs så att närmre belägna punkter får större betydelse än punkter som ligger längre bort. Varje provtagningspunkt får viktningsfaktorn $1/\text{avståndet}^r$, där r avser sökradien som motsvarar avståndet till de mest avlägset belägna punkterna som beaktas. Viktningsfaktorn anger hur stor vikt observationen får i det beräknade medelvärdet. Exponenten r kan ha olika värden. Ju mer man vill framhäva nära belägna punkter, desto högre exponent väljs. Vanligt är att $r = 2$. Oftast vill man inte inkludera alla observationer från fältet när man beräknar ett nytt värde i en punkt. Man anger därför en sökradie. Punkter utanför sökradien exkluderas.

Invers distans är en enkel metod som är vanlig inom precisionsodling vid framställning av både skördekartor och markkartor. Ofta är det fullt tillräckligt att använda denna metod, särskilt om man har gjort täta observationer. Men för att veta om och hur variationerna är rumsligt korrelerade, så att interpoleringen kan utföras på bästa sätt, bör man helst först analysera sina data geostatistiskt. För geostatistiska beräkningar och interpoleringsmetoder (kriging m.fl.) finns speciella datorprogram att tillgå. Men då detta är både tidskrävande och kunskapskrävande är det normalt rimligt att nöja sig med vanliga kartprogram som begränsar sig till att interpolera med invers distans.

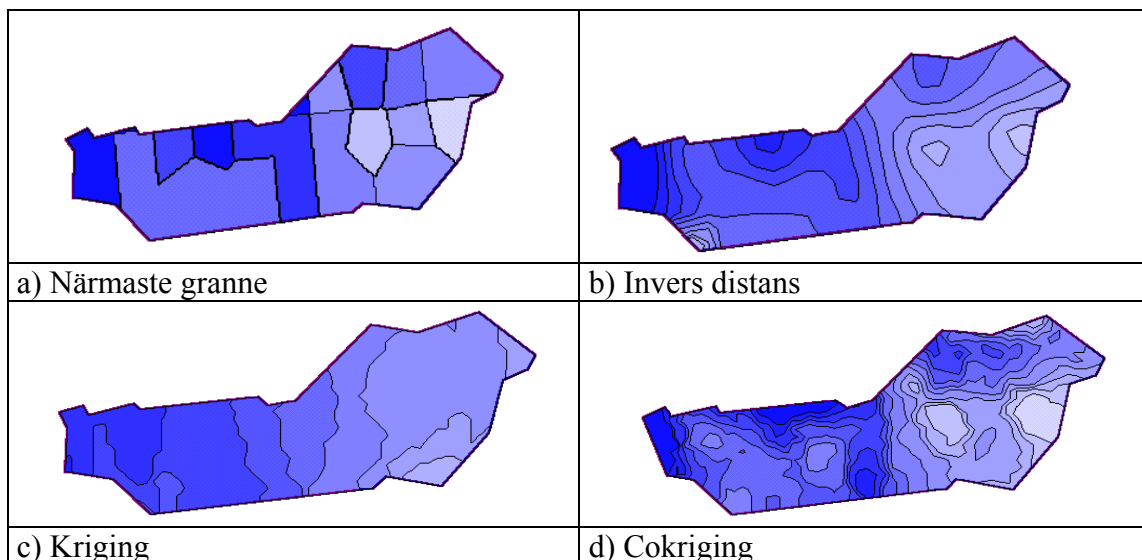
Kriging

Om en variabel (exempelvis pH) i en punkt sannolikt är mer lik värdet av samma variabel i en närliggande punkt finns det ett rumsligt samband. Detta rumsliga samband kan beräknas med hjälp av geostatistik och användas vid interpolering. För att uppskatta värden av en variabel på punkter, där inga observationer gjorts, kan den geostatistiska interpoleringsmetoden *kriging* användas (figur 6c). Kriging är liksom invers distans en metod med vilken man viktar omkringliggande värden till ett medelvärde. Med kriging görs dock en optimal beräkning, eftersom det framräknade värdet i krigingprocessen är det mest sannolika som kan göras utifrån de tillgängliga mätvärdena. Det finns olika typer av kriging. I punktkriging uppskattar man värdet i en punkt, medan man i blockkriging uppskattar medelvärdet i ett område av en viss storlek runt punkten. Mer vikt ges åt en mätpunkt nära den punkt där uppskattning ska beräknas. Om flera punkter är grupperade tätt tillsammans ges mindre vikt till varje enskild mätpunkt. På så vis blir det de punkter som ligger närmast i varje riktning som påverkar uppskattningen. Om sambandet ser olika ut i skilda riktningar, kan man ta hänsyn till detta vid kriging.

En fördel med kriging framför invers distans är att hänsyn tas till mätpunkternas konfiguration, så att inte tätt provtagna områden får större vikt. En annan fördel är att man har möjlighet att ta hänsyn till om det geografiska sambandet varierar i olika riktningar. Dessutom får man en mer välgrundad viktning av data med avseende på avstånd. Nackdelen med kriging är att den kräver mer arbete, kunskap och relativt avancerade datorprogram. I fall där man har tätt mellan provtagningspunkterna och jämn spridning på dem finns inte så mycket att tjäna på kriging jämfört med invers distans.

Interpolering med stödvariabel

Om man har gles data av en variabel (exempelvis lerhalt), men tätare data av en annan variabel (stödvariabel; exempelvis konduktivitet) som varierar enligt samma mönster, finns det olika metoder för interpolering där stödvariabelns värde kan inkluderas i beräkningen, vilket kan göra att den resulterande kartbilden blir mer exakt. Ett exempel på en sådan metod är *cokriging* (figur 6d). Då styrs interpoleringen av både observationerna och variationen av stödvariabeln.



Figur 6. Lerhaltskartor framställda med olika interpoleringsmetoder (a, b, c) på basis av ett dataset med 20 provpunkter analyserade med avseende på lerhalt, samt med cokriging (d) varvid ca 480 punkter med bestämning av elektriskt ledningstal har använts.

Klassificering

Vid klassificering delas fältet in i olika områden med avseende på klasser. Detta kan göras av olika anledningar. Om fältet har abrupta gränser mellan olika delar, bör klassificeringen göras före interpolering. Men om man gör klassindelning av andra skäl, t.ex. om det är praktiskt ur brukningssynpunkt, kan man göra det efteråt. Ibland finns det skarpa gränser i rådata mellan olika fältedlar med avseende på markegenskaper. Det kan inte interpoleringsmetoder som kriging och invers distans hantera. Interpolering görs lämpligen bara inom områden där förändringarna är kontinuerliga. Plötsliga hopp längs en linje på ett fält måste identifieras innan man interpolerar.

Regression

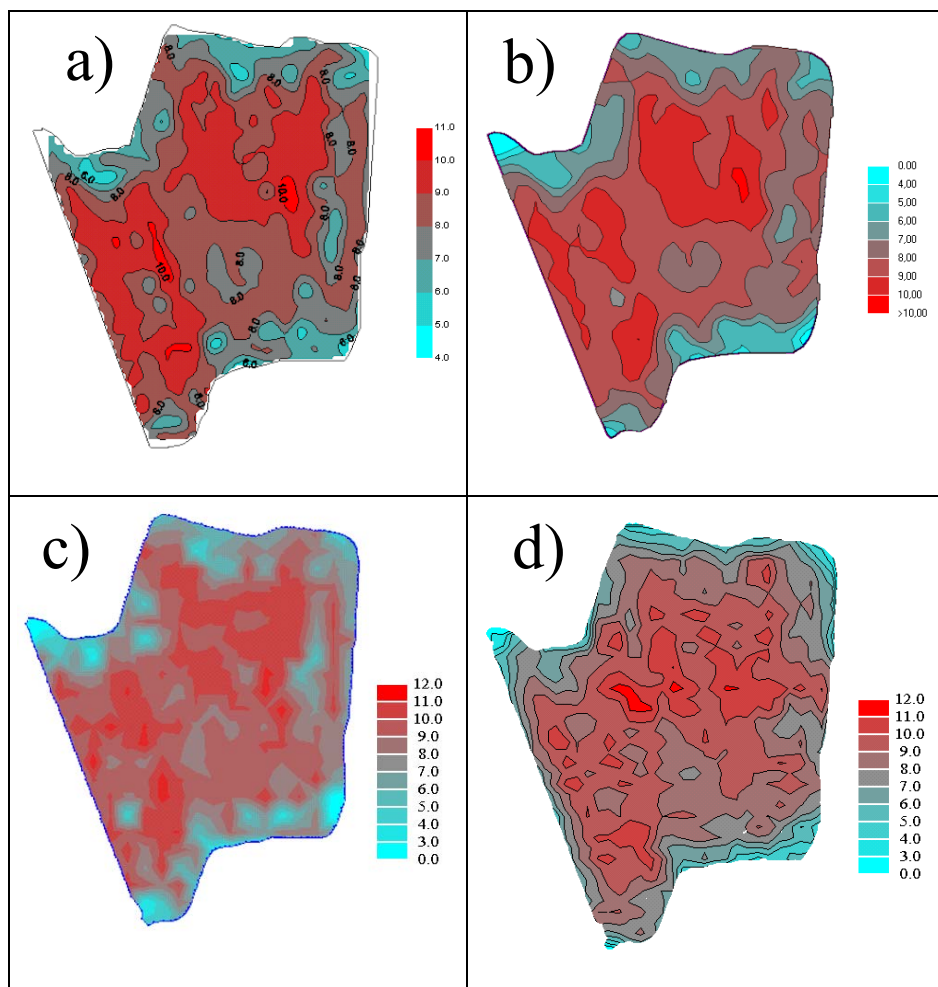
Man kan vilja undersöka om det finns samband mellan olika parametrar som uppmätts på fältet. Detta kan göras med regressionsanalys. Om man mätt alla variabler med liknande support (d.v.s. den yta eller volym ett prov representerar) och vid samma koordinater kan man göra regressionsanalysen utan att lägga in data i ett GIS. Men om observationerna är gjorda vid olika koordinater och med annorlunda support krävs interpolering och standardisering av vilken yta som informationen ska representera. Det är t.ex. inte lämpligt att jämföra skörden med elektriskt ledningstal om det förra representeras av 10 kvadratmeter och det senare av en kvadratcentimeter. Ännu sämre är det om mätningen av elektriskt ledningstal skett ett par meter eller mer utanför det område där skörden mätts. Bättre är då att interpolera fram nya värden för skörd och elektriskt ledningstal som har gemensamma koordinater och support (grid- och blockstorlekar).

Olika skördekarteringsprogram

Vid skördemätning fås en stor mängd skördedata. För att göra en karta utifrån dessa data, behövs ett skördekarteringsprogram. Det finns fyra olika skördekarteringsprogram på marknaden idag. Dessa är MF Yield Map (Massey Ferguson), Agrosat (Näsgård), Claas Agro-Map (Claas) och RDS (RDS Technology Ltd). Med undantag av Agrosat är programmen framtagna för respektive skördemätningssystem (MF Yield Map - Fieldstar; Claas Agro-Map – Claas AgroCom; RDS – RDS Ceres). Agrosat går däremot att använda till rådata som är framtagna med vilket system som helst och LH-Agri rekommenderar normalt Agrosat till sitt skördemätningssystem Yield Logger. Skördekartorna kommer att se olika ut beroende på vilken kartprogram man använder. Vissa skördekarteringsprogram tillåter ändringar av inställningarna vid framtagning av kartan. Små ändringar av inställningarna kan innebära stora förändringar i kartans utseende. Hösten 1998 gjorde Precisionsodling i Väst en jämförelse av fyra skördekarteringsprogram där samma rådata användes i alla program (Nissen & Söderström, 1999) (se figur 7). Härvid användes varje programs standardinställning för att göra kartorna. Skillnaderna i utseende beror på hur programmen hanterar rådata och vilken s.k. interpoleringsmetod som används.

MF Yieldmap

Detta kartprogram är framtaget till Massey Fergusons skördemätningssystem Fieldstar. Standardinställningen i Yieldmap är invers distans med viktningsfaktor 2 (se avsnitt invers distans). Såsom andra program av detta slag justeras de registrerade skördevärdena på varje mätpunkt med hänsyn till omgivande punkters värden för att få en mer tolkbar kartbild. Där data saknas interpoleras värden fram utifrån omgivande punkters data. Metoderna för detta beskrivs i avsnittet "Hantering av geografiska data". Sökradien är 20 meter, d.v.s. den interpolerade skörden i en viss punkt påverkas av andra kända punkter som ligger inom en radie av 20 m. Det maximala antalet punkter inom sökradien är begränsat till 100. Både sökradie och antalet punkter kan ändras av användaren.



Figur 7. Skillnaderna i utseende m skördekartorna beror på vilket program som har använts vid framställningen av kartan, trots att samma rådata har använts: a) MF Yield Map, b) Agrosat, c) Claas Agromap, d) RDS (Nissen & Söderström 1999).

AgroSat

Näsgårds Agrosat är ett fristående skördekarteringsprogram som kan användas till olika fabrikat av traktor- och redskapsdatorer. Programmet använder inversdistans som standardmetod för hantering av data (se avsnittet invers distans). Viktningsfaktorn är normalt 2. Sökradien är ofta 20 meter och gridstorleken (sidan i en ruta i ett tänkt rutnät) är 10 meter. Det är möjligt att ändra viktningfaktor, sökradie och gridstorlek.

Claas Agro-Map

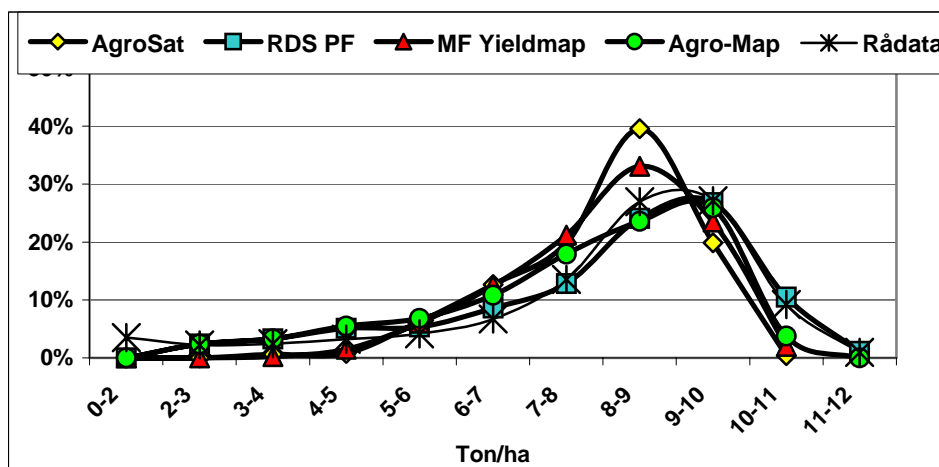
Agro-Map är framtaget för att behandla data från det skördemättningsprogram som levereras med Claas tröskor. Programmet använder en geostatistisk interpoleringsmetod som bygger på kriging (se avsnitt kriging). Både sökradie och gridstorlek är 20 meter. Kriging är en mer komplicerad metod som kräver att användaren gör vissa anpassningar efter materialet. I Agro-Map är interpoleringen däremot helt automatiserad. Det enda användaren kan ändra på är sökkriterierna, d.v.s. sökradien och gridstorleken.

RDS Precision Farming (RDS PF)

RDS Precision Farming är standardprogrammet till RDS skördemätningssystem. Det interpolerar inte data till en grid (tänkt rutnät). Istället justeras det registrerade skördevärdet i varje punkt utifrån ett medelvärde, som baseras på observationer inom en radie på 10 meter. RDS ger en karta med ett oroligt intryck, eftersom värdena inte interpoleras. Det enda som användaren kan justera är sökradien.

Överensstämmelse mellan rådata och olika skördekarteringsprogram

De olika programmen ger lite skillnad i skördedata (Nissen & Söderström 1999). I figur 6 visas en frekvensfördelningen från beräknad skörd med de olika skördekarteringsprogrammen på basis av samma rådata. Rådata redovisas också. Dessa har en negativ skevhet som är ganska vanlig, d.v.s. kurvan sluttar flackare åt vänster och brantare åt höger. Det stora antalet skördepunkter med relativt låg skörd kan till viss del förklaras av det sätt på vilket punkterna har registrerats. Skördevärden som har beräknats med Agrosat och MF Yieldmap får sina respektive högsta frekvenser på en lägre skördenivå än rådata och de två andra skördekarteringsprogrammen. Det innebär sannolikt att medelskörden med Agrosat och MF Yieldmap blir något lägre än för ursprungsdata samt Agro-Map och RDS PF.



Figur 8. Fördelning av skördevärden inom respektive skördenivå på basis av beräkningar utförda av olika skördekarteringsprogram (Nissen & Söderström 1999).

Markkartering

Markkartering är ett sätt att bedöma växtnäringsinnehållet i marken genom att ta jordprover, som skickas till ett laboratorium för analys. De vanligaste analyserna är P-AL, P-HCl, K-AL, K-HCl, Mg-AL, Cu-HCl, pH, lerhalt och mullhalt. Ett problem är att markkarteringen normalt bara görs ner till 20 cm djup (tidigare i Sydsverige även till 25 cm). Inget sägs alltså om förhållandena i alven. Tätheten i provtagningen är oftast ett prov per ha, men är arronderingen sämre och variationen i fråga om jordart, topografi eller dylikt stor inom fältet kan ökad provtagningstäthet vara nödvändig. Resultaten anges normalt på en karta över provtagningspunkterna med markens växtnäringsinnehåll angivet vid dessa.

Markprovtagningen görs normalt med fyrhjuliga motorcyklar och koordinatsätts med GPS som gör det möjligt att bestämma var proverna har tagits. Det gör att det går att återkomma till exakt samma plats och upprepa provtagningen efter ett antal år. Genom att göra en karta med hjälp av GIS kan analysvärden inom områdena mellan punkterna interpoleras med de olika metoder som redovisats i tidigare avsnitt. Det ger bättre underlag för varierade åtgärder i form av gödsling och kalkning än en karta utan positionering av provpunkterna.

Att ha digitala markkartor ger möjlighet att jämföra markkarteringsdata med andra koordinatsatta data med hjälp av GIS. Detta ger incitament för fler att använda den nya precisionsodlingstekniken.

Optimering av markprovtagning

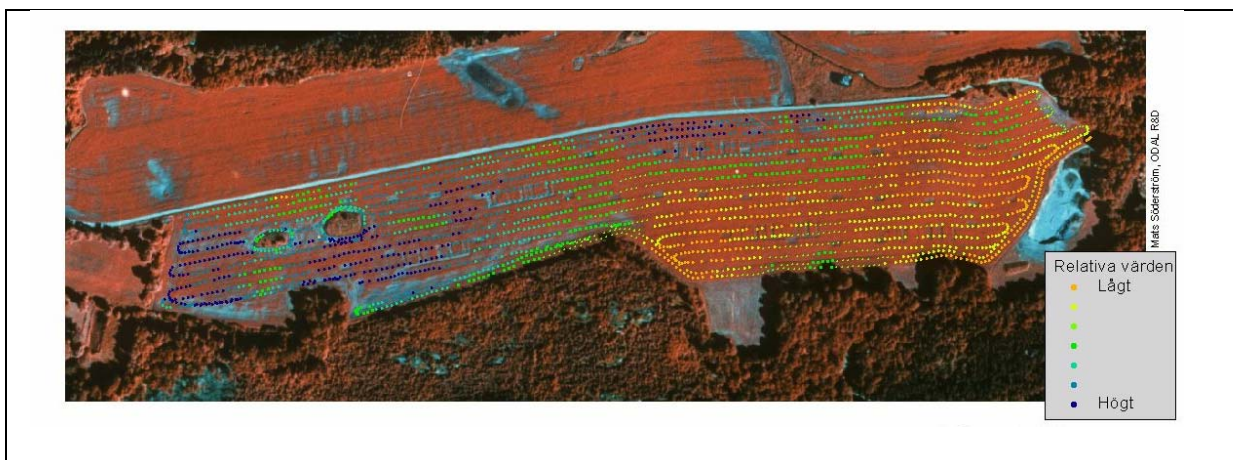
Förhållanden såsom jordart och näringsinnehåll inom ett skifte kan variera mycket, även mellan ganska närbelägna punkter. Orsaken kan vara en mängd faktorer såsom skillnader i topografi, jordart, skörd, gödslingshistoria m.m. Det finns också fält där variationen är ganska liten. Skilda växtnäringsämnen varierar ofta i olika hög grad. Därför kan en täthet i provtagningen motsvarande ett prov per ha endast ge en grov uppskattning av markförhållandena inom fältet. Ju fler prov som tas desto säkrare blir informationen. Både provtagning och analys är dock dyrt, varför antalet provpunkter måste minimeras. För att få ut så mycket som möjligt av en provtagning är det viktigt att placera provtagningspunkterna på rätt ställe.

Ett skifte kan delas in i olika områden efter exempelvis skördenivå, jordart eller höjdskillnader. Om ett fält är starkt kuperat kan odlingsförutsättningarna vara mycket varierande mellan högt och lågt belägna punkter. En topografisk karta kan därför förbättra planeringen av var proverna ska tas för att på bästa sätt fånga in den verkliga variationen inom skiftet. Ofta är höjdskillnaderna i fält för små för att den topografiska kartan ska vara användbar. Då kan dikningskartor med noggranna höjdangivelser vara till god hjälp.

Engelska undersökningar visar att om man planerar en markprovtagning utifrån både skördekartor och jordartskarta kan precisionen ökas nästan lika mycket som om man tar ett samlingsprov på fyra punkter per ha i ett fast ruttmönster (Griffin, 1999). Med en anpassning av markkartan efter skörd och jordartsvariation ökade kostnaden bara obetydligt. En förtätad provtagning skulle däremot ha medfört avsevärt högre kostnad, men med samma osäkerhet i resultatet.

I England gjordes försök med att från fyra års skördeuppskattning med satellitbilder över ett fält på 26 ha indela fältet i 8 olika områden efter skördenivå (Thomas et al., 1999). Inom varje område gjordes minst 16 borrstick som slogs ihop till ett samlingsprov för analys av fosfor, kalium och magnesium. Resultatet jämfördes med en normal markkartering med ett prov per ha. Överensstämmelsen mellan de två provtagningarna var bra. Den tätare provtagningen gav något högre fosfortillstånd, men med den noggrannhet som är rimlig inom jordbruket gav den glesare provtagningen tillräckligt bra resultat. Metoden ger förutsättningar för att minska antalet analyser och därmed minska kostnaderna för markkartan.

Markens konduktivitet, eller elektriska ledningsförmåga, påverkas av bland annat vattenhalt och jordart. Konduktiviteten ökar med en ökad ler- och vattenhalt. Genom att mäta konduktiviteten kan man få en uppfattning om jordartsvariationen inom ett fält (Söderström, pers. medd.).



Figur 9. Karta över variationen i konduktivitet över ett skifte på Ribbingsberg i Västergötland, maj 2000. Mätningen är utförd av Holger Nehmdahl från Danmarks JordbrugsForskning. Bild: M. Söderström, Odal.

Idag finns flera konduktivetsmätare att tillgå på marknaden. Under våren 2000 provades två av dessa i Sverige, dels i Uppsala av JTI och dels i Västsverige av Precisionsodling i Väst. Dessa sensorer mäter markens ledningsförmåga ner till omkring en meters djup utan att några jordprover tas. Sensorerna är små och kan monteras efter en fyrhjulig motorcykel och relativt snabbt köras över fältet. En av dem, EM 38, kördes kommersiellt i Danmark för första gången under 2000 (se figur 10). En karta över markens ledningsförmåga är värdefull genom att den kan ses som ett uttryck för jordartsvariationen mellan markkartans punkter. Därmed kan det vara möjligt att på ett mer rättvisande sätt beskriva jordartsvariationen på ett skifte än om endast data från en konventionell markkartering används. En karta över ledningsförmågan i marken kan också vara ett hjälpmedel när det gäller att planera placeringen av provplatser inför en ny markkartering.

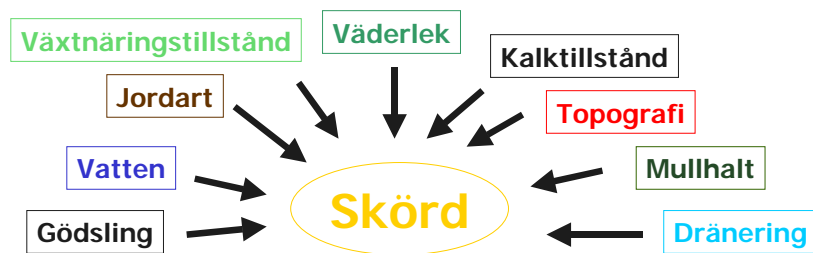


Figur 10. Provtagning med en EM 38 på Bjertorp våren 2000. Mätningen utfördes av Holger Nehmdahl från Danmarks JordbrugsForskning. Bild: M. Söderström, Odal.

Skördevariationer

Odlingsplatsen har avgörande betydelse för grödornas tillväxt och kvalitet. Skillnaderna i avkastning mellan olika områden inom det enskilda fältet kan bero på variationer i jordart, mullhalt och näringsförhållanden och hur sådana faktorer påverkas av bl.a. vädret. Markegenskaperna går i stor utsträckning att mäta med markkartering, men det är inte självklart vad som är ”bra” respektive ”dålig” mark och det är svårt att förutsäga avkastningen. Ofta finns områden på ett skifte som år efter år ger bättre eller sämre skörd. Orsaken kan exempelvis vara strukturskador på en vändteg. I övrigt varierar ofta den relativa skördenivån på skilda platser mellan olika år.

Variationerna i jordart påverkar vatten- och växtnäringsförhållandena i marken. Den faktor som starkast styr inomfältvariationerna verkar vara tillgången till växttillgängligt markvatten. Detta är samtidigt oftast en i hög grad opåverkbar faktor, som övriga åtgärder får anpassas till. Under år med riklig nederbörd kan det bli vatten stående i svackor och lägre delar av fältet där det ofta är tyngre jordart. I svackor kan det då förekomma syrebrist med denitrifikation som följd. Både dålig tillgång till syre i sig och denitrifikation, vilken uppstår till följd av syrebrist, kan medföra försämrad tillväxt för grödan med risk för förluster av kväve. Andra år med mindre nederbörd kan förhållandena vara de omvända och de blötare områdena ger istället högre avkastning. Kväve är det växtnäringsämne som vid underskott normalt medför störst tillväxtbegränsning och som dessutom är tätt knutet till kvaliteten på grödan. Nettomineraliseringen av kväve (d.v.s. den mängd kväve som frigörs i marken och kommer grödan till godo) är en viktig faktor som varierar mellan åren och som kan påverka skördenivån betydligt på den enskilda platsen.



Figur 11. Skörden är beroende av ett stort antal faktorer.

Variationen i pH, mullhalt, fosfor- och kaliumtillstånd m.m. på ett skifte kan också

vara orsak till skördevariationer. Då det råder underskott av någon tillväxtfaktor, i förhållande till grödans behov, hämmas tillväxten. Förbättrad tillgång till något växten lider brist på gör att tillväxten först ökar kraftigt. Ju större tillgången blir, desto mindre blir avkastningsökningen per tillförd mängd. Till slut sker ingen ökad tillväxt, utan den planar ut eller rent av minskar, exempelvis efter för stor kvävegödsling med liggsäd som följd. Att avkastningen avtar beror också på att det med en högre skördenivå uppkommer brister med avseende på andra tillväxtfaktorer. Ju större skörd, desto högre krav ställs på allt fler faktorer.

Markfaktorer som påverkar grödornas tillväxt och näringsbehov kan delas in i två grupper:
 Faktorer som inte kan påverkas plats specifikt med precisionsodling
 Faktorer som kan påverkas plats specifikt, till större eller mindre kostnad.

Tabell 1. Markfaktorer som kan respektive inte kan påverkas med precisionsodling (efter Lindén, 1999).

Faktor	Faktorer som inte kan påverkas vid precisionsodling	Faktorer som kan påverkas vid precisionsodling
Jordart	X	
Mullhalt	X	(X)
Topografiskt läge	X	
Dräneringstillstånd, växttillgängligt vatten	X*	X
Markstruktur (porositet, rotdjup, aggregat)	(X)	X
Växttillgängligt mark-N (bl.a. mineralisering)	X	X
Fosfortillstånd		X
Kaliumtillstånd		X
Kalktillstånd		X
Mikronäringsämnen		X

* Mängden växttillgängligt vatten är mycket väderberoende.

Vid precisionsodling utgörs grundförutsättningen av de faktorer som inte kan påverkas. Dessa får därmed styra strategin i odlingen. Exempelvis är det meningslöst att förbättra fosfortillståndet om dräneringen är bristfällig eller ett område är mycket torkkänsligt och tillväxten därmed begränsas av vattentillgången. Om exempelvis ett område kan dräneras och grödtillväxten på så sätt förbättras kan det finnas skäl att därefter öka gödselgivan. Om vattenförhållandena inte går att åtgärda till en rimlig kostnad, kanske växtnäringsstillförseln istället bör minskas. En annan möjlighet kan vara att träda området.

I många fall har det under en längre tid skett en större tillförsel än bortförsel av fosfor inom områden på ett skifte med lägre skördepotential än genomsnittet. Det är viktigt att notera dessa delytor och därefter anpassa givan efter det verkliga behovet. Markkartan kan, i

kombination med skördekartan, fungera som underlag till detta och till en växtnärbalansberäkning för mindre områden på fälten. Med sådana platsspecifika växtnärbalanser skulle man under en följd av år kunna följa och styra växtnärbalanssituationen inom enskilda skiftesdelar.

Det som till slut är avgörande för hur stor skörden kommer att bli är väderleken - nederbörd och temperatur. Årsmånen växlar och påverkar därmed skörden på olika växtplatser på varierande sätt under skilda år. Eftersom det enskilda årets väder inte kan förutses är det därför svårt att styra insatserna utifrån tidigare års skördekartor.

Hittills har skördekartering främst gjorts i spannmål och oljeväxter. Internationellt pågår en utveckling av metoder för att mäta skörd av potatis, sockerbetor och vall. Än finns det inte några sådana i praktisk användning i Sverige.

Skördemätning i spannmål, oljeväxter och ärtor

I mitten av 1990-talet kom de första skördetröskorna med kontinuerlig skördemätning till Sverige. År 2000 fanns knappt 200 tröskor med sådan utrustning i landet. Erfarenheten av skördekartering med hjälp av GPS visar att även fält som med ögat ser jämna ut kan ha en relativt stor variation i avkastning. Det finns undersökningar i Sverige, som har visat på skördevariationer från 1 – 2 ton per ha och upp till 6 ton eller mer spannmål per ha inom samma fält. Utöver variationer i skörd förekommer också stora inomfältvariationer när det gäller kvalitet. Samtidigt ökar hela tiden kvalitetskraven på spannmål ifrån avnämarna.

Det finns två huvudlinjer när det gäller skördeuppskattning/mätning. Antingen mäter man den skördade mängden kontinuerligt vid skördetidpunkten eller också uppskattas skörden genom fjärranalys med hjälp av flyg- eller satellitfotografering.

Kontinuerlig skördemätning görs i elevatorn före tanken på tröskan. Detta innebär att det tar en viss tid från det att tröskningen startar tills spannmålen når skördemätaren och uppgifter registreras. Skördemätarna mäter antingen skördad volym eller skördad mängd. Med ett volymmätande system måste spannmålets rymdvikt bestämmas innan avkastningen kan beräknas. Vid all typ av kontinuerlig skördemätning måste avkastningen korrigeras efter vattenhalten.

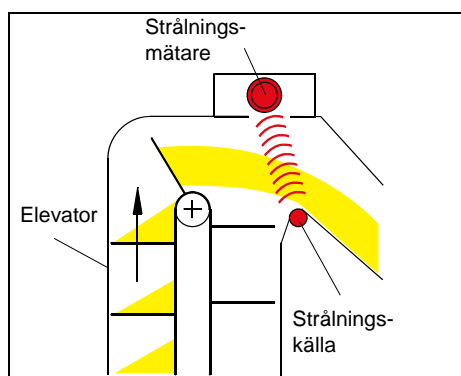
Skördeberäkningen görs enligt följande formel:

$$\text{Skörden} = \text{mängd kärna per tidsenhet} / (\text{skärbordets bredd} \times \text{tröskans hastighet})$$

Idag finns 3 aktuella system i Sverige för skördemätning i spannmål, ärtor och oljeväxter kontinuerligt vid tröskning. Dessa beskrivs nedan:

Fieldstar

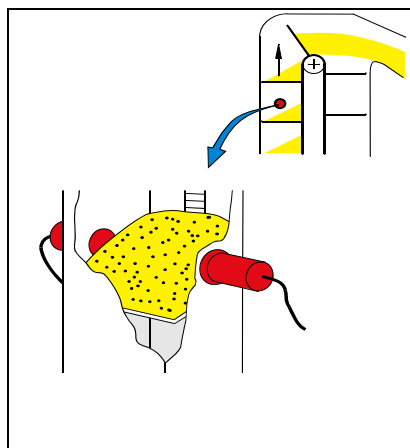
Detta system har tagits fram av danska Dronningborg, som tidigt utvecklade skördemätningssystem till sina skördetröskor (Thylén, 1996). Systemet är viktmätande. Mätutrustningen består av två delar: en radioaktiv strålningskälla och en strålningsmätare som är monterade högst upp i elevatorn i tröskan. Den utsända strålningen passerar genom skördematerialet och mätningen görs genom att reduktionen registreras. Ju mer spannmål som passerar desto större andel absorberas av grödan och desto mindre registreras av strålningsmätaren. Denna typ av skördemätare finns på tröskor från Massey Ferguson.



Figur 12. Fieldstar skördemätningssystem består av en strålningskälla och en strålningsmätare, som är monterade högst upp på tankelevatorn. Ju mindre strålning som når strålningsmätare, desto större är avkastningen (bild: JTI).

RDS Ceres och Claas AgroCom

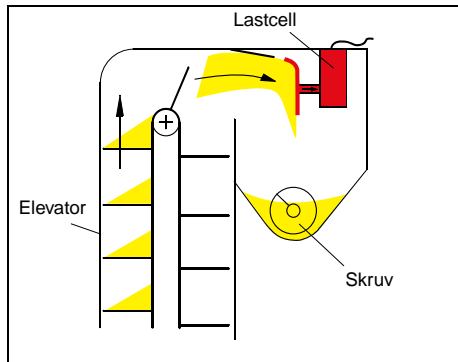
Ceres tillverkas i England av företaget RDS (RDS Technology Ltd) (Thylén, 1996). Systemet är volymmätande. Det liknar Fieldstar, men består av en ljuskälla och en motsvarande ljusmätare. Utrustningen är monterad högst upp i elevatoren före tanken. Ljusmätaren mäter hur mycket ljus som passerar genom det skördade materialet och räknar om det till skördad mängd. Ju mer spannmål som passerar elevatoren desto mindre ljus registreras av mätaren. Efter montering måste systemet kalibreras efter aktuell gröda och sort för att resultatet ska bli riktigt, men det finns en förprogrammerad omräkningsfunktion. Systemet används i Claas Lexicon och i deras AgroCom-system för eftermontering. Även New Holland använder Ceres-systemet. Utrustningen går lätt att montera på de flesta tröskor oavsett fabrikat och modell.



Figur 13. RDS Ceres och Claas AgroCom sitter uppe i elevatoren. När det skördade materialet passerar ljuskällan registrerar ljusmätaren hur mycket ljus som passerat genom det skördade materialet, vilket sedan relateras till skördad mängd (bild: JTI).

Yield logger

Yield logger säljs av LH-Agro och kan monteras på Claas, Deutz-Fahr, John Deere och New Holland (Thylén, 1996). Systemet mäter skörden med hjälp av en lastcell längst upp på tankatorn. I elevators topp slungas grödan mot lastcellen och kraften mot lastcellen registreras. Kraften korrigeras sedan efter elevators hastighet.



Figur 14. Yield loggern sitter längst upp i elevators topp. Kraften som den skördade grödan utövar mot en lastcell registreras och omräknas till skördad mängd (bild: JTI).

Svårigheter vid skördemätning

Ofta visas skördekartor med bitvis mycket låg skörd, speciellt på vändtegen. Orsakerna kan vara packningsskador eller andra verkliga faktorer. Det kan också bero på andra förhållanden. Tröskföraren har stor inverkan på resultatet av skördemätningen. En noggrann förare, som har satt sig in i hur utrustningen fungerar, har störst möjlighet att åstadkomma en bra skördekartor.

Vid beräkning av skörden ingår skärbordets bredd som en faktor. Därför är det viktigt att hela skärbordet utnyttjas. Om föraren vinglar kan det påverka den uppmätta skörden betydligt. Vinglar föraren en halv meter med ett fem meter brett skärbord blir felet 10 %. Det överskuggar lätt andra felkällor i själva tekniken. Kilar och smala remsor kan ge mycket felaktiga skördedata på delar av fältet. Det finns teknik på marknaden för att förbättra styrningen. Claas Lexion tröskor kan utrustas med en "autopilot", som med hjälp av laser styr tröskan så att skärbreddens hela tiden är fullt utnyttjad (Andersson, pers. medd.). Den består av en ljuskälla och en reflektansmätare. Ljuskällan pendlar i horisontalläge och reflektansen från grödan omkring 50 meter framför tröskan mäts. Styrningen sker genom skillnaden i reflekterat ljus mellan den otröskade och den tröskade grödan. Därmed fungerar utrustningen inte vid liggsäd. I Belgien pågår försök med att styra tröskan med samma princip, men med ljud istället för ljus, vilket kan liknas vid ett ekolod (Thylén, pers.medd.).

Ett annat kritiskt moment för mätnoggrannheten är när man lyfter och sänker skärbordet vid början och slutet av slaget. För tidig sänkning kan göra att skörden blir undervärderad och tvärtom. Skördemätningssystemen har olika möjligheter att kalibrera skörden vid sådana tillfällen. Med MF:s skördemätare kan föraren ändra den tid det ska ta från det att skärbordet sänks ner till dess att spannmålen når mätsensorn uppe i tankelevators topp och motsvarande när skärbordet höjs och tankelevators topp töms. Erfarenheter från 1998 års skörd visar dock, att det är svårt att kalibrera fördröjningen om variationen i fält är stor. Om kalibreringen görs i stående spannmål stämmer den inte i liggsäd och tvärtom, eftersom föraren kör olika fort allteftersom

förutsättningarna ändras. De andra fabrikaten har en bestämd fördröjning innan skördemätningen startar eller avslutas vid sänkning respektive höjning av skärbordet.

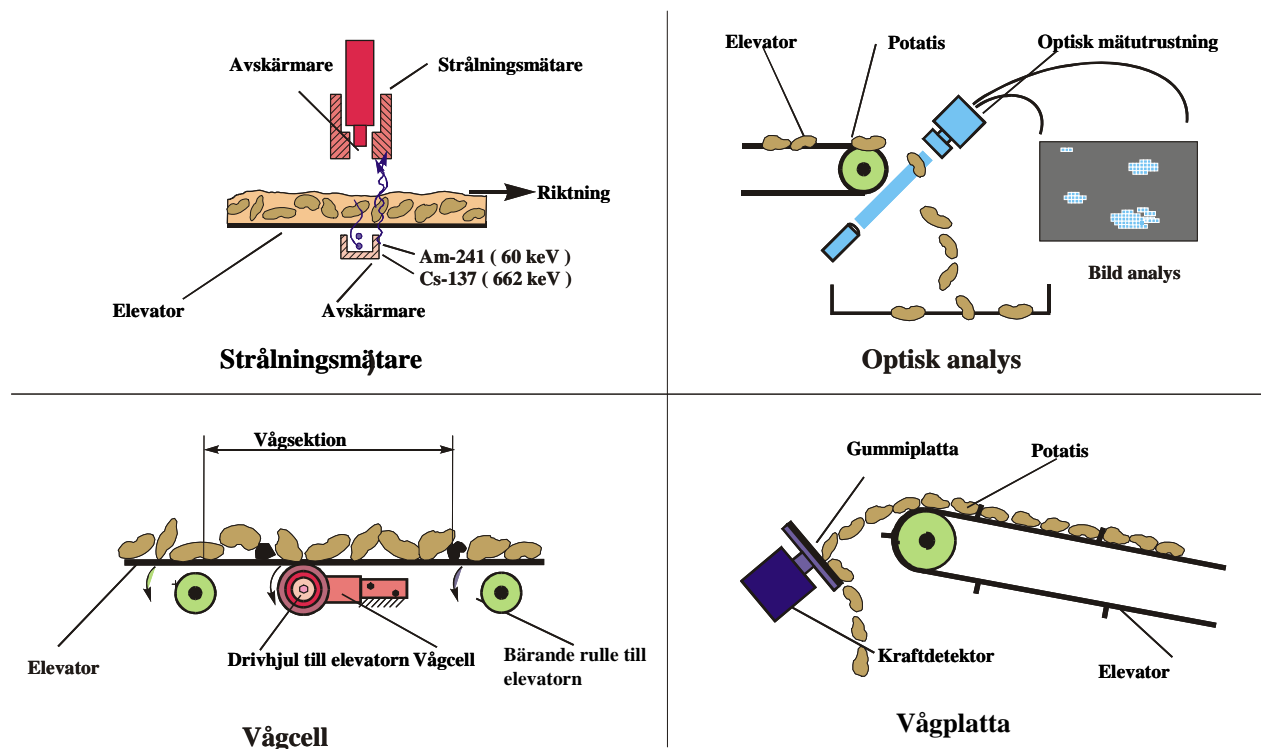
På grund av de ovan nämnda problemen som lätt kan uppstå vid skördemätning kan skördeuppgifterna behöva filtreras för att ta bort värden som uppenbarligen är felaktiga, se avsnittet om filtrering av data.

Skördemätning i potatis, sockerbetor och vall.

Potatis

Potatis är en gröda som är intensiv när det gäller arbete och användning av kemikalier. Potatiskvaliteten är mycket beroende av näringsförhållandena i marken. Det är också en gröda med stor ekonomisk omsättning per ha. Därför bör precisionsodling vara intressant för potatisodlare.

Flera skilda typer av skördemätare för potatis finns beskrivna (Algerbo & Ehlert, 2000) se figur 15. Det har utvecklats ett par viktmätande system. Ett av dessa väger skörden i tankelevatorn och fungerar som en bandvåg. Det kallas Harvestmaster och säljs kommersiellt. Detta kommer att testas i Halland under 2001. Ett annat viktmätande system mäter kraften när potatisen faller från en elevator och studsar mot en gummiplatta. Det är dock inte prövat i praktisk skörd, men under kontrollerade försök har noggrannheten varit mycket bra. Dessa system kan dock inte skilja på vikterna hos potatis, jord och sten.



Figur 15. Olika system för skördemätning i potatis. (Algerbo & Ehlert, 2000)

Det finns också radiometrisk teknik som påminner om Fieldstar (Algerbo & Ehlert, 2000). Fieldstar använder dock endast isotoper av Americium, medan systemet för skördemätning i potatis också använder isotoper av Cesium (Thylén, pers. medd.). Skördemätningen fungerar genom att radioaktiv strålning av olika våglängder sänds genom den potatis som transporteras på elevatoren i upptagaren. Systemet kan skilja potatisen från jord och sten, vilket är en fördel. Det finns dock inte i praktisk användning. Det är också kontroversiellt (i vissa länder förbjudet) att använda radioaktiv strålning på detta vis.

I Sverige har JTI på försök använt en optisk sensor för att mäta potatisskörden (Algerbo & Ehlert, 2000). Sensorn består av en optisk kamera och en ljuskälla. När potatisarna transporteras genom ljusstrålen ger de en skugga som noteras av den optiska kameran. Den projicerade ytan måste sedan relateras till en vikt på potatisen. Därför mäts ett antal potatisar av kända storlekar med kameran och vägs med en våg. Praktiska försök har visat att kameran överskattar skörden med mellan 6 och 11 %. Ju jämnare och rundare potatisen är desto bättre noggrannhet blir det. Därför har sorten en viss betydelse för resultatet. System kan inte, liksom systemen med vågceller, skilja potatisar från sten och jord. En fördel med den optiska sensorn är att man utöver skörden får storleksfördelningen på potatisen. Det är en viktig kvalitetsaspekt på matpotatis.

Vall

Vall är ingen enhetlig gröda utan kan bestå av många olika arter och artblandningar. Vattenhalten i skörden är en annan mycket varierande faktor. Normalt används den skördade vallen som foder på den egna gården och skördeuppskattning förekommer bara för hela skiften. En stor andel av vallarealen finns inom skogs- och mellanbygd, med mer eller mindre kuperad mark och med generellt större jordartsvariationer än inom slättområden. Fördelningen mellan gräs och klöver i blandvallar har i viss mån visat sig variera med topografin. På lägre belägna områden minskar ofta klöverandelen snabbare. Det kan bero på flera saker. Högre mullhalter i svackorna ger bättre kvävetillgång, vilket gynnar gräsen. Klöver är också känsligare än gräs för perioder med stående vatten. I lågt belägna områden med mulljordskaraktär kan också tillgången på fosfor och kalium vara begränsande, vilket missgynnar klöver mer än gräs.

Vid undersökningar i området kring Kinnekulle noterades skördevariationer i vall på upp till 50 % mellan lättjord och lerjord under torra förhållanden (Magnusson & Söderström, 1994). I tyska undersökningar har man uppmätt skördevariationer i vall mellan 3 och 15 ton/ha (Lindén & Åfors, 1997). Torra orsakar snabbare åldrande hos grödan, vilket i sin tur påverkar näringsinnehållet. Variation i topografi och jordart kan således antas orsaka skillnader i både skördad mängd, näringsinnehåll och kvalitet. I mjölkproduktion med hög avkastning är det mycket viktigt att foderkvaliteten är jämn.

Det finns flera system för skördemätning i vall internationellt, men inget används idag praktiskt. De flesta systemen bygger på någon typ av exakthack (Algerbo & Thylén, 1998). Skördemätningar vid ensilageskörd har gjorts genom mätning av avståndet mellan inmatningsvalsarna i hacken (Ehlert & Jüschnik, 1997), genom kontinuerlig vägning av den skördade mängden i vagnen eller med olika typer av sensorer monterade på hacken. Vid skördemätning genom mätning av avståndet mellan inmatningsvalsarna visade sig skördevärdena vara beroende av vattenhalten, men också av mognad och sort. Genom att montera en vågcell på lastarvagnen fås en kontinuerlig skördemätning. Problemet är att alla vagnar måste förses med vågar och att vattenhalten måste kontrolleras med jämna mellanrum.

Tyska försök med en radiometrisk sensor på en självgående hack gav samma noggrannhet i skördemätningen som vid tröskning av spannmål, men det fanns inget fungerande sätt att kontinuerligt mäta mängden torrsubstans i ensilaget (Auernhammer et al., 1996). Det stora problemet för att lyckas med skördmätning i vall är att hitta en bra teknik för att kontinuerligt mäta vattenhalten. I ensilage med blandning av gräs och baljväxter varierar denna mycket och osäkerheten i skörden kan därmed bli stor. I Tyskland har man på försök använt NIR (Nära Infraröd Reflektans) för att mäta vattenhalt i vallskörd och utveckling av metoden pågår (Börjesson, pers. medd). I majsensilage eller andra grödor med en jämnare fuktighet skulle det vara enklare att få en fungerande skördemätning utan vattenhaltsmätare (Pedersen, pers. medd.).

Sockerbetor

Sockerbetor är liksom potatis en arbetsintensiv gröda med stor ekonomisk omsättning per ha. I dag finns teknik för skördemätning i sockerbetor, men endast ett fåtal betupptagare med mätutrustning finns i praktisk drift i världen. I Sverige gjordes skördemätningar på två gårdar under betkampanjen 1998 (Ebelin, 1998). Mätningen gjordes med hjälp av en vågcell som placerades över den övre elevatorn. Erfarenheten var att skörden inom fälten varierade en hel del, mellan 30 och 52 ton/ha på den ena gården och mellan 52 och 66 ton/ha på den andra. Dessa skördevärden var dock inklusive jord. Upptagningsförhållandena vid den aktuella tidpunkten var mycket bra, men andra år kan variationen i den mängd jord som skördas med betorna vara stor och sannolikt utgöra en betydande felkälla.

Under år med sämre förutsättningar för tillväxt kan skördevariationerna vara betydligt större. I engelska försök noterades en avkastning på mellan 5 och 30 ton per ha ett mycket torrt år på en lätt jord (Karlsson, 1997). Skörden mättes med hjälp av en vågcell som monterades på vagnen där betorna kontinuerligt lastades. Noggrannheten var mycket bra. Nackdelen med systemet är att alla vagnar måste utrustas med vågceller. Detta system kan heller inte skilja på vikterna hos betor, jord och sten.

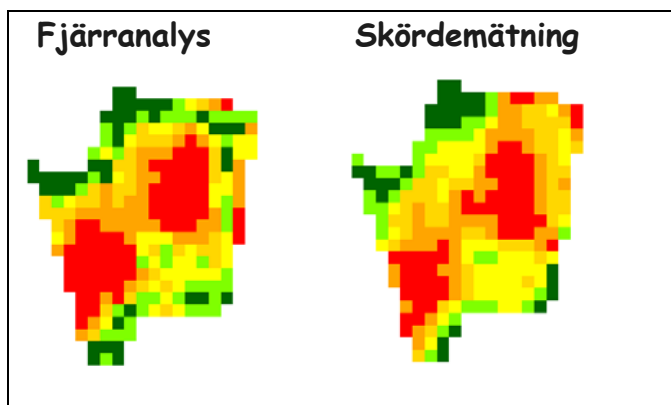
Jordhalten är en mycket viktig kvalitetsparameter, då sockerbruken gör avdrag för jord som följer med skörden. Är det stora mängder smuts med betorna tar bruken helt enkelt inte emot dem. Svårigheten att uppskatta jordmängden konstateras också i holländska försök (Medema & Bergeijk, 2000). Inomfältvariationerna i skörd var stora, men det fanns inget bra system för att mäta jordmängden och därmed få fram den riktiga skördevariationen i fält.

1999 mättes jordhalten vid betupptagning på 100 ha i Skåne (Ebelin, 1999). Undersökningen gjordes genom att mängden reflekterat ljus av två våglängder mättes med en spektrometer. Denna skiljer beta från jord och mäter egentligen den jordtäckta ytan på betan. Jordytan är sedan kopplad till jordvolymen enligt en beräkningsmodell. Spektrometern kan alltså inte bedöma hur tjockt jordlagret är, utan där finns risk för fel. I de fall jordklumpar och sten förekommer, blir felet större. Modellen tar dessa för jordtäckta betor, medan det är jord eller sten rakt igenom. Osäkerheten i jordhalten blev därför ganska stor. Mer erfarenhet och referensmaterial är nödvändigt för att öka säkerheten i mätningen. Snabbheten i systemet var dock god. Det som är mest efterfrågat i praktiken är att få ett mått på jordhalten kontinuerligt under skörd så att betupptagaren kan justeras. Målet är att få hög renhet med så lite spill som möjligt. Intresset för att kunna mäta jordhalten vid betupptagning är stort bland betodlarna och utvecklingen av jordhaltsmätaren kommer att fortsätta.

Skördeuppskattning med satellitbilder

Att använda satellitbilder för att uppskatta skörden är i princip ett effektivt sätt att göra mätningar, då man får resultat från stora ytor på kort tid. Satellitmätningarna innebär att man registrera mängden reflekterat ljus av främst rött och infrarött ljus från grödan. Nackdelen är att tekniken är beroende av vädret och förhållandena i atmosfären. Det får inte vara molnigt vid satellitfotografering. Satelliterna rör sig kontinuerligt i banor runt jorden och för att systemet ska fungera måste vädret vara bra just när den aktuella satelliten passerar över området. Flexibiliteten i mätningstidpunkt blir därför mycket begränsad. Med samma typ av sensorer på ett flygplan ökar möjligheterna, men känsligheten för dåligt väder är densamma. Skiftena får inte heller vara för små. Orsaken är att vid tolkning av bilden påverkas fältets kant av intilliggande mark. Är arealen liten får detta stor betydelse för tolkningen av skörden på hela skiftet.

En svensk undersökning jämförde skördeuppskattningar med satellitbilder med konventionell skördemätning med en tröska på nio skiften under två till fyra år (1995, 1996, 1997 och 1999) (Rydberg & Söderström, 2000). Resultatet visade att reflektansmätningar med satellit, omräknade till ett vegetationsindex, bara kan förklara en del av skördevariationen i fält. Orsaken är att resultatet är mycket känsligt för det stadium i vilket grödan var vid mättillfället. Om mätningen görs efter att grödan har börjat mogna och gulna blir resultatet helt felaktigt. En gulnande gröda reflekterar ljus på ett helt annat sätt än en grön. Då avkastningen under skilda år påverkas av grödval, vädervariationer och odlingsåtgärder, kan det vara svårt att jämföra skördar och vegetationsindex mellan olika år. Ett år gjordes mätningar i raps. Då blev sambandet sämre mellan skörd och vegetationsindex, än vid motsvarande mätningar i spannmål. Överensstämmelsen var större mellan vegetationsindex och uppmätt skörd inom områden med hög skörd än inom områden med låg. Metoden skulle därför kunna användas för att hitta områden med stor skördevariation inom ett fält som underlag för exempelvis förtätad markprovtagning.



Figur 16. Jämförelse mellan två sätt att göra skördeuppskattningar i ett fält med vårkorn 1999 – med fjärranalys respektive skördemätning på en tröska (Rydberg & Söderström, 2000).

Flera studier bl.a. i England visar också att det är begränsade möjligheter att förutsäga skörden bara utifrån mätningen av reflekterat ljus (Thomas et al., 1999). För att skördeuppskattning med satellitbilder ska kunna fungera, måste de kalibreras mot vanlig skördemätning varje år för att ta hänsyn till de olika atmosfärsförhållanden som råder vid fotograferingstidpunkten.

System för att mäta skörde kvalitet

I likhet med att avkastningen varierar inom ett fält växlar också den skördade produktens kvalitet. Kontinuerlig mätning av kvaliteten i den skördade grödan skulle ge en möjlighet att sortera skörden direkt vid tröskning. Spannmål skulle kunna vara intressant att sortera efter proteinhalt, rymdvikt eller vattenhalt. Det vore i första hand intressant i brödvete och malkorn.

Variation i kvalitet

Kraven på jämn och god kvalitet i spannmål för maximal betalning kommer troligen att öka. Viktigast är kvalitetskraven för malkorn och brödsäd. I brödsäd är det i första hand proteinhalt och falltal som avgör kvaliteten. För malkorn gäller dessutom krav med avseende på kornstorlek, tusenkornvikt, friskhet och groningshastighet. En intressant fråga är då hur dessa kvalitetsparametrar varierar över ett skifte. Svenska försök med malkorn 1995 och 1996 visade att skörden var negativt korrelerad med proteinhalten, men positivt korrelerad med tusenkornvikten (Thylén & Algerbo, 1999). Proteinhalten var också negativt korrelerad med tusenkornvikten. Områden med hög skörd hade alltså låg proteinhalt och hög tusenkornvikt. Därför skulle det kunna vara möjligt att sortera malkorn efter en av dessa kvalitetsparametrar och samtidigt uppfylla kraven på de andra. Sortering av malkorn skulle kunna göras direkt i tröskan eller vid torkning på gården.

I England gjordes en undersökning som beskriver kvalitetsvariationen i höstkorn under fyra år (Stafford, 1999). De faktorer som studerades var kväveinnehåll och tusenkornvikt. Båda faktorerna varierade oregelbundet mellan åren. Skiftet kunde dock delas in i mindre områden, inom vilka kvaliteten förhöll sig på likartat sätt, i förhållande till fältets medeltal. Den genomsnittliga kvaliteten var förhållandevis jämn mellan åren, men med en betydande variation inom skiftet.

Svenska studier visar också på betydande variation i egenskaper som β -glukan hos havre (Jonsson, pers. medd.)

Vattenhaltsbestämning

Skördens vattenhalt är en mycket viktig parameter för lantbrukaren vid skörd. Det är den som tillsammans med mognad och väderlek styr skördetidpunkten. Inomfältvariationen med avseende på vattenhalten i grödan kan vara stor. På vissa områden är grödan mer mogen. Läget på fältet har också betydelse. På högt belägna, vindutsatta platser torkar grödan effektivare än i svackor och andra lägre belägna delar av fältet samt i lä av skog.

För att få en rättvisande skörde karta över fältet är det därför nödvändigt att mäta vattenhalten samtidigt med skörden vid tröskning. Det optimala är att få uppgift om vattenhalten lika ofta som för skörden, så att den verkliga avkastningen kan beräknas. Vattenhaltsmätaren monterades tidigare i skruven som transporterar grödan till tanken. Numer monteras den normalt utanpå elevatorm som går upp till tanken. Med jämna mellanrum görs

vattenhaltsmätningar, varvid den elektriska ledningsförmågan i grödan mäts. Ju högre vattenhalt, desto större blir ledningsförmågan.

Alla tröskor med skördemätare har eller kan kompletteras med en vattenhaltsmätare idag. Det är viktigt att denna fungerar som den ska, för att skördemätningen ska bli rätt. Mätaren får inte blockeras av skörderester och måste vara lätt att rengöra.

Kontinuerlig proteinhaltsbestämning med NIT

NIT (Nära Infraröd Transmittans) innebär att man mäter absorbansen (hur mycket ljus som ”fastnar” i provet) av ljus av olika infraröda våglängder i det nära infraröda området (800 – 2500 nm) hos ett prov (Algerbo & Thylén, 2000). Provet belyses med ljus av dessa våglängder och sedan mäts hur mycket av ljuset som har absorberats. Molekyler av skilda slag absorberar olika våglängder och på så sätt får man en typ av ”fingeravtryck” för provets kemiska sammansättning. Mätaren monteras vid elevatorn i tröskan. Med jämna mellanrum tas små prov ut automatiskt och belyses med infrarött ljus. Mätutslaget hos delproven relateras till en kalibrering och den aktuella proteinhalten kan bestämmas. Denna teknik testades i praktiken av JTI hösten 2000 på två tröskor i landet. Trösktillverkaren Case har på mässan presenterat sin lösning med ett NIR-instrument monterad i en tröska (Jonsson. pers. medd.)

Tolkning av skördekartan

Skördekartan ger ett mått på skördevariationen inom fältet. Årligen framtagna kartor kan visa på områden på fältet med återkommande låga eller höga skördar. Sådan information är intressant för trädesplanering. I många fall är dock överensstämmelsen dålig mellan skördarna olika år.

Spannmål, oljeväxter och ärtor

I ett försök i Uppsalatrakten konstaterades ett visst samband mellan inomfältvariationerna i skörd 1997 och desamma 1994 och 1996 ($R^2 = 0,39 - 0,52$) (Eriksson & Niklasson, 1998). Dessutom undersöktes om det fanns samband mellan skördenivåerna och ett antal markparametrar. Bäst samband rådde mellan skörd och proteinhalt samt mellan skörd och kväveupptag. Bättre avkastning medförde större kväveupptag, men samtidigt lägre proteinhalt. Resultaten visade också att de största skördarna fanns i områden med mer lerinslag. Dessutom gav områden med låga P-AL-tal ofta en högre produktion. Slutsatsen av försöket var, trots vissa samband, att det är svårt att förutsäga gödslingsbehovet utifrån tidigare års skördekartor. Det verkade finnas områden på fältet som alltid hade lägre skörd, medan vissa områden alltid hade högre avkastningsnivå. Därutöver fanns det områden som varierade mycket mellan åren. Möjligen kan man få bättre överensstämmelse mellan år om man endast jämför vårsådda grödor för sig och höstsådda för sig. Fuktigare delar av ett fält, som alltid torkar långsammare, sås ofta vid för hög fuktighet. Därför blir skörden av vårsådda grödor ofta sämre på dessa områden, medan höstgrödor inte påverkas nämnvärt. Man kan också förvänta sig att varierande fuktighet inom ett fält leder till skiftande skörderesultat under skilda år. Blöta år blir det bäst skörd på de torrare områdena och tvärtom.

Flera undersökningar visar att topografin är en viktig faktor för att förklara skördevariationen i ett fält (Pilesjö et al., 2000). Inom ett fält på omkring 10 ha utanför Uppsala gjordes en zonindelning efter höjden. Höjdskillnaden var knappt 3 meter mellan den högsta och den

lägsta punkten. Det rådde signifikanta skillnader mellan dessa zoner, när det gällde mull- och lerhalt, skörd samt innehåll av fosfor och kalium i marken. Skörden hade då mätts platsspecifikt årligen 1992 – 98. En zonindelning efter lutning och dräneringsområde gav sämre samband. Vattentillgången antogs vara den avgörande faktorn för skörden. Lägre belägna områden, med undantag för de lägsta, gav mer avkastning än de högst belägna. De högst belägna områdena hade störst fosforinnehåll i marken, vilket antogs bero på den lägre skördenivån i kombination med jämn gödsling av hela fältet.

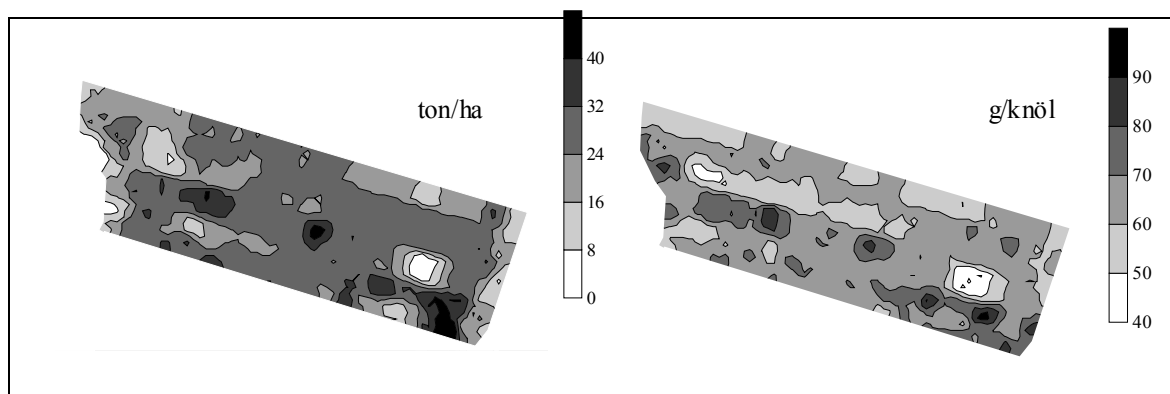
I en undersökning i USA studerades samband mellan avkastning, markdata och topografi (Kravchenko & Bullock, 1999). Det visade sig att korrelationen varierade både mellan år och mellan fält. Jordparametrar kunde i genomsnitt förklara 30 % (7 – 71 %) av skördevariationen inom olika fält. Mullhalten var den markparameter som hade störst påverkan på avkastningen. Topografin förklarade i genomsnitt 20 % (6 – 54 %) av densamma. Höjd över havet hade den största betydelsen för produktionsnivån. Sänkor hade högre skörd än höjder. Lutningen på fälten påverkade bara avkastningen vid extrema situationer. En kombination av markparametrar och topografi förklarade i genomsnitt 40 % (10 – 78 %) av skillnaderna.

Som nämnts tidigare är det ofta svårt att finna tydliga samband mellan skördevariation och markens kemiska egenskaper. Ibland finns dock viss korrelation mellan avkastning och innehåll av mängden löslig fosfor i marken. Ofta har en hög skörd ett tydligt samband med låga fosfortal. Anledningen är sannolikt att olika mängder fosfor förs bort i och med att skörden varierar över fältet, samtidigt som tillförseln under längre tid har varit densamma. Fosformängderna i jorden är troligen inte så små att de begränsar tillväxten, men områden med lägre skörd får på sikt högre fosfortal än områden med större avkastning. I USA är mängden löslig fosfor i allmänt mindre i jordarna och där är sambanden ofta de motsatta (Algerbo & Thylén 1998). Områden med lägre avkastning har också ofta mindre fosforreserver.

Preliminära resultat från Bjertorp i Västergötland visar att det på en del fält finns god korrelation mellan skördedata under vissa år, medan det motsatta förhållandet råder på andra skiften. Materialet innehåller också jämförelser mellan skörde-data och mark-data. Också här är variationen stor. Resultaten visar att det på vissa fält finns samband mellan skörd och markfaktorer under en del år. Trots små variationer i exempelvis pH kan det finnas positiva samband mellan pH och skörd. På de aktuella skiftena på Bjertorp varierar lerhalten (beräknad på basis av K-HCl) mellan 9 och 60 % på enstaka punkter inom de olika skiftena. Relativt vanligt förekommande är det med positiva samband mellan skörden och markfaktorer som är knutna till lerhalten, såsom K-HCl, Mg-AL och Cu-HCl.

Potatis och sockerbeter

Hittills har inga försök gjorts att styra insatserna till potatis efter variationen i avkastning, men skördemätningar visar på stora avkastningsvariationer inom fält. Vid en undersökning i Dalarna där potatisskörden mättes, både med avseende på skördekvantitet och storleksfördelning, noterades stora variationer (se figur 17) (Persson, 1998). Avkastningen varierade från mindre än 5 och upp till 45 ton per ha och medelknölvikten låg mellan 50 och 75 g på stora delar av fältet. Inom områden med låg skörd var ofta knölstorleken liten. De avkastande områdena hade inga speciella egenskaper.



Figur 17. Variation i avkastning och knölstorlek på ett potatisfält (Persson, 1998).

Försök på ett bevattnat fält i USA 1996 visade att potatisskördens storlek sammanhängde med höjden och lutningen på fältet (Schneider et al., 1997). Högre höjd och mindre lutning gav ökad avkastning. Att skörden var bättre på högre belägna delar av fältet förklarades med mindre frostkänslighet på våren, inget stående vatten under vissa perioder och sämre förutsättningar för en del insekter och sjukdomar. Kraftigare bestånd gav också bättre ogräskonkurrens. Det rådde inget samband mellan skörd och innehåll av fosfor och kalium i marken. Det förklarades med god tillgång på båda växtnäringsämnen.

I ett sockerbetsförsök i Nederländerna 1999 konstaterades bra samband mellan pH och skörd, samt mellan pH och sockerutbyte på ett fält (Medema & van Bergeijk, 2000). Variationen i pH var dock stor, mellan 4,7 och 7,1. Det fanns dock inga signifikanta samband mellan avkastning och jordart på två fält med variationer i lerhalter på 31 – 49 % respektive 17 – 34 %.

Fjärranalys

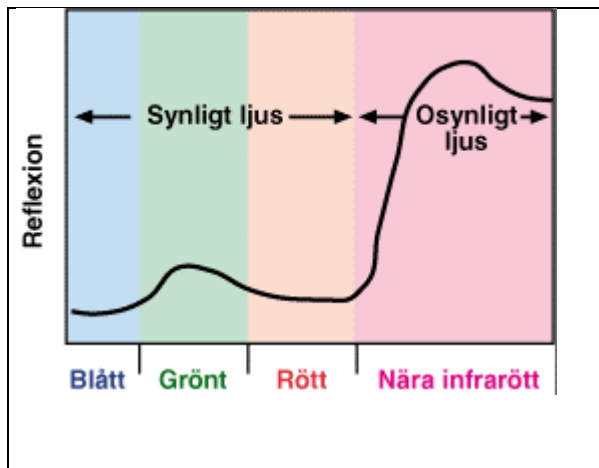
Fjärranalys innebär att ett prov kan studeras och analyseras utan att det förstörs, vidrörs eller att något måste tillsättas för analysen. Ordet fjärranalys antyder att mätningen görs på långt håll, men kan i princip innebära mätningar också på mycket korta avstånd. Ofta är det ljus man mäter, men det kan också vara elektrisk ledningsförmåga, ultraljud, mikrovågor m.m.

Inom precisionsodlingen innebär fjärranalys ofta mätning av reflekterat solljus med hjälp av sensorer på satelliter och flygplan. Motsvarande mätningar kan också göras med en sensor, som är monterad på en traktor (N-sensorn) eller är handburen (Crop Scan). Sensorn mäter i dessa fall kvoten mellan mängden reflekterat ljus i förhållande till mängden infallande solljus av olika våglängder. Kvoten mellan den reflekterade och den infallande strålningen kallas reflektans (Browén, 1995). Vid mätning av flera våglängder samtidigt får man ett reflektansspektrum.

Genom att mäta mängden rött och nära infrarött ljus (700 – 2500 nm) som reflekteras från en mark kan man få ett mått på både mullhalt och vattenhalt. Högre mullhalt eller vattenhalt återkastar mindre ljus och uppfattas därmed som mörkare ytor (The precision-farming guide for agriculturists, 1997). Skördemätning med hjälp av satellit- eller flygbilder är som nämnts tidigare en typ av fjärranalys, där mängden reflekterat ljus mäts. Satellitbilder tagna under senare delen av grödans tillväxt ger relativt bra korrelation till skörd, men tidpunkt för

bildtagning är viktig för att erhålla så bra korrelation som möjligt (Rydberg & Söderström, 2000). Dess användbarhet är störst för att detektera relativ kondition hos grödor i inte alltför små fält.

Sensorer som mäter reflekterat ljus kan avgöra vad som är gröda och vad som är mark. Jorden och de gröna växterna reflekterar ljuset olika. Detta kan användas för att styra sprutor vid ogräsbekämpning på träda (Christensen & Heisel, 1998).

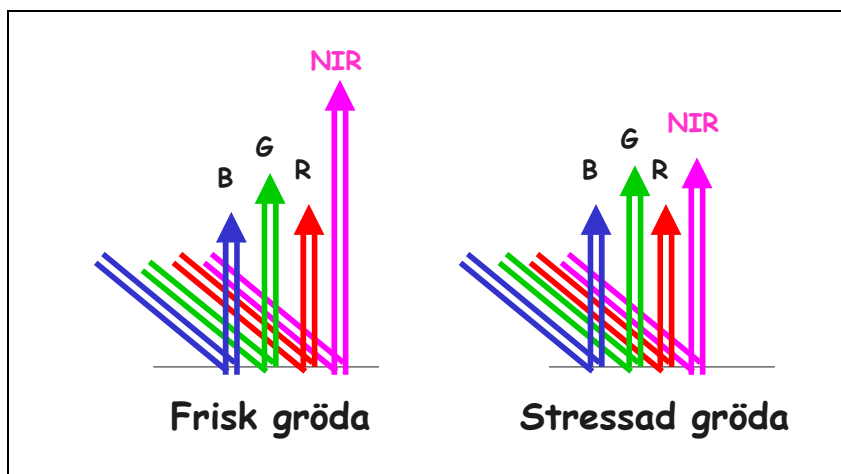


Figur 18. Exempel på reflektionsspektrum för vegetation (bild: Hydro Agri AB).

Vad är ljus?

Ljus är elektromagnetisk strålning av olika våglängder. Synligt ljus har våglängder på 350 – 750 nm (Browén, 1995). Ljus med våglängder omkring 350 nm är violett och ljus med våglängder omkring 750 nm är rött. Mellan dessa finns blått, grönt och gult ljus av alla nyanser. Att en växt är grön beror på att bladen absorberar ljus av andra våglängder än inom det gröna området. Det gröna ljuset reflekteras därför och uppfattas av våra ögon. Därmed tycker vi att växten är grön. I jordbruksgrödor mäts ofta våglängdsområdena 400 – 700 nm (synligt ljus) och nära infrarött ljus 750 – 2500 nm (NIR).

Reflektansen av rött och infrarött ljus är känslig för variationer i jordart och växtlighet. Rött synligt ljus absorberas av klorofyll i växten (Tayler et al., 1997). Reflektansen av ljus inom NIR-området, som är osynligt för våra ögon, är känslig för bladens cellstruktur och vattenhalt. En frisk och tät gröda karakteriseras därför av stor absorption av rött ljus och liten absorption av nära infrarött ljus. Kvoten mellan reflektansen inom infrarött och rött ljus (IR/R) är nära korrelerad med LAI (bladyteindex) (Browén, 1995). Bladyteindex utgör mängden bladyta per enhet markyta. Reflektansen av rött respektive nära infrarött ljus påverkas i motsatta riktningar, som en funktion av mängden biomassa. Kvoten mellan reflektanserna inom dessa våglängdsområden ($NDVI = (IR - R) / (IR + R)$) brukar därför användas som ett mått på biomassan (NDVI - Normalized Differentiated Vegetation Index; IR – Infra Rött; R – Rött).

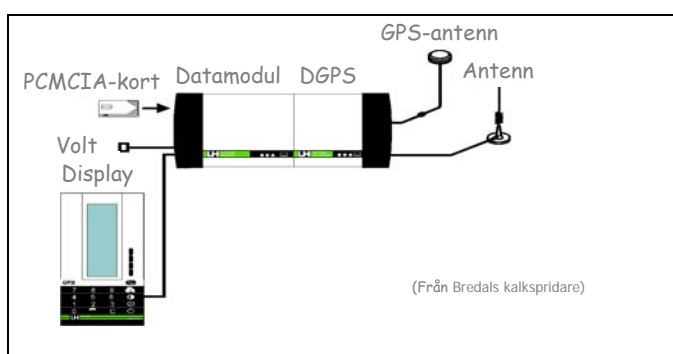


Figur 19. Schematisk bild över skillnaden i reflektion av ljus mellan en frisk och en stressad gröda. Den stressade grödan reflekterar ljus inom det Nära Infra Röda området (NIR) sämre. (Söderström, 2000.)

Styr- och reglerteknik

Datamodul för varierade givor

De flesta handelsgödselspridare, kalkspridare och sprutor som säljs idag kan utrustas med elektronisk styrning av maskinens utmatning istället för den traditionella mekaniska styrningen. Det innebär att det också kan vara möjligt att koppla till en datamodul för varierad spridning efter en digitalkarta. Denna styrmodul, som för det mesta kommer från spridartillverkaren, kan kopplas samman med en datamodul som kan hantera kartmaterialet och GPS-informationen. I Sverige marknadsförs idag fem olika fabrikat av styrmoduler för styrning av spridare och sprutor. Det är LH-Agro, MF Fieldstar, RDS, Hydro Agri och Claas ACT. Möjligheten att koppla samman skilda fabrikat av spridare med olika fabrikat av datamoduler varierar: vissa fabrikat passar bättre ihop och vissa sämre.



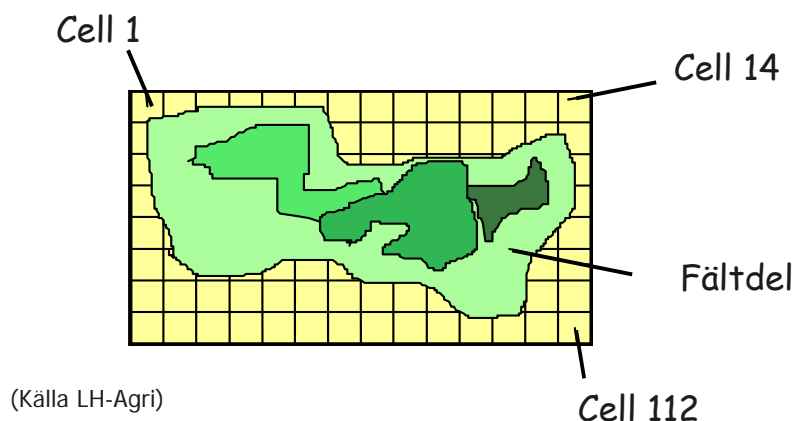
Figur 20. Bilden visar hur datamodulen är kopplad till övriga funktioner för att styrningen av ett redskap ska fungera.

I praktiken fungerar det ungefär som i figur 15. Exemplet är hämtat från Bredals kalkspridare. Där använder man LH-5000 som styrmodul med vilken man kalibrerar och styr spridaren. Datamodulen talar om för styrmodulen med hjälp av GPS-en, hur stor mängd som ska spridas, beroende på var ekipaget befinner sig på fältet. Datamodulen beräknar positionen med hjälp av GPS-en. För att få information om vilken mängd som skall spridas där den befinner sig, behövs en styrfil för fältet. Denna görs i ordning i förväg och förs med hjälp av ett PCMCIA-kort över till datamodulen.

Vid styrning efter en karta måste GPS-en vara ett steg före hela tiden. När den noterar ett visst läge och ändrar exempelvis kvävegivan därefter, måste det stämma med ekipagets hastighet, så att gödslingsförändringen sker på rätt ställe på fältet. I Europa lägger man in en fördröjning beroende på hastigheten, så att rätt mängd sprids på rätt plats, eftersom man kör relativt långsamt. I t.ex. USA är det inte ovanligt att körhastigheten är 30 km/h, vilket innebär att GPS-en istället måste förutspå positionen ett antal sekunder senare för att spridaren ska hinna ställa in rätt mängd.

Styrfiler

En styrfil består för det mesta av ett gridlager med ett antal rader och ett antal kolumner. Av raderna och kolumnerna blir det ett antal gridceller, som man kan länka samman med den mängd som man vill sprida ut. I figur 16 visas ett exempel på hur en styrfil kan vara uppbyggd.



Figur 21. Exempel på hur en styrfil är uppbyggd (bild: LH-Agri).

Exemplet i figur 19 kommer från LH-Agro och är ett ADIS-format (Agricultural Data Interchange Syntax) som beskrivs i DIN 9684, del 5. Styrfilen är en textfil där fältet beskrivs genom att det först görs en ram runt som koordinatsätts. Därefter beskrivs längd och höjd på cellerna, antalet rader och antalet kolumner i kartan. Numreringen av cellerna börjar i detta fall längst upp till vänster med cell nr 1. Sedan fortsätter det från vänster till höger och uppifrån och ner. De celler som helt eller delvis täcks av fältet kommer att tilldelas de mängder som anges i kartbilden.

PCMCIA-kort

För att föra över data mellan kontorsdatorn och datamodulen i traktorn används PCMCIA-kort. PCMCIA-kort fungerar som en diskett, men har för det mesta större lagringskapacitet. Kortet finns från 1 Mb och uppåt. För att läsa dem på en stationär dator behövs en separat kortläsare. På de flesta bärbara datorer är kortläsaren däremot standard.

Teknik för varierad kalkning

Idag sprids en hel del jordbrukskalk återigen med rampspridare, som man gjorde fram till 1970-talet. För att få snabb och effektiv verkan på kalken används kalkstensmjöl. Detta går inte att sprida med centrifugalspridare, eftersom det i så fall skulle blåsa bort vid minsta vindpust. Det finns 15 rampspridare för kalk i landet, varav fem stycken är utrustade med GPS (Rodenstam, pers. medd.).

Kalken skruvas ut genom rampen och släpps ut genom små hål. För att få jämn spridning vid varierad utmatningsmängd måste man därför både reglera mängden kalk och skruvens utmatningshastighet. När man skall tillföra en större mängd kalk går bottenmattan i behållaren snabbare och skruven i rampen går saktare, så att en större mängd kalk skall hinna matas ut, och tvärtom med en mindre mängd.

Teknik för varierad gödsling

Gödselgivan varieras genom att utmatningshastigheten ändras. Med mekanisk styrning av utmatningen ändras gödselgivan genom att körhastigheten varieras. Om givan ska kunna ändras oavsett körhastighet och kunna styras via en datamodul, måste utmatningen styras elektroniskt. De flesta centrifugalspridare på marknaden har idag elektronisk styrning av utmatningen istället för den traditionella mekaniska. Normalt sprids samma mängd över hela arbetsbredden. Därmed är det möjligt att variera givan.

Det finns också rampspridare med elektronisk styrning, men de är betydligt dyrare än centrifugalspridarna och förekommer därför i mycket liten omfattning.

Teknik för varierad stallgödselspridning

På de flesta stallgödselspridare styrs idag utmatningen av körhastigheten. Genom att ändra hastigheten kan alltså mängden varieras. Noggrannheten blir dock dålig och det är svårt för föraren att veta hur mycket gödsel som kontinuerligt matas ut. Under 1998 tog Miljöteknikdelegationen fram en kravspecifikation för miljöanpassade flytgödselspridare. I dessa krav ingår bl.a. att föraren ska kunna se hur mycket gödsel som sprids kontinuerligt från förarplatsen och att gödselgivan ska kunna varieras oavsett körhastighet i intervallet 10 – 40 ton, steglöst eller med intervall på högst 4 ton/ha. Detta innebär att med dessa spridare skulle det vara möjligt att variera flytgödselgivan efter markkartan.

Dosreglering vid bekämpning

För att uppnå varierad bekämpning måste det gå att variera dosen snabbt och med bibehållen duschkvalitet. I de sprutor som finns tillgängliga i Sverige idag regleras flödet på samma sätt över hela arbetsbredden. Det medför att dosen blir densamma över hela bredden. Idag finns flera olika system för att ändra dosen under pågående bekämpning (Engquist, pers. medd.):

Genom att variera vätskemängden med bibehållen koncentration. Detta är det vanligaste systemet för dosjustering idag. Mängden sprutvätska kan regleras genom justering av vätskeflödet och genom ändring av körhastigheten. Vätskeflödet ändras normalt genom att trycket förändras. En ökning av trycket med en viss procentsats ökar dock inte flödet lika mycket. Dessutom påverkas duschkvaliteten av förändringar i vätsketryck. Duschkvaliteten är väldigt viktig för täckningen av grödan och risken för vindavdrift vid bekämpning. Därför är det viktigt att föraren är aktiv och justerar hastigheten så att vätsketrycket ligger inom rimliga värden.

Med hjälp av reglerad inre lufttillsats. Detta system finns på två sprutor, som säljs i Sverige idag. För att förhindra att droppstorleken förändras kan man använda sprutor med inre lufttillsats där man håller duschkvaliteten konstant med hjälp av lufttrycket. I dessa sker droppbildningen med hjälp av lufttillförsel. Det ger en möjlighet att ändra flödet genom vätsketrycket inom ett större intervall, utan att duschkvaliteten påverkas.

Med pulserande flöde. Sådana sprutor öppnar och stänger flödet till spridarna med en frekvens på ungefär 10 gånger per sekund. På så vis kan vätskemängden ändras oberoende av trycket och det gör att droppstorleken inte påverkas av dosen.

Med injiceringsystem. Här tillsätts bekämpningsmedlet efter blandningstanken och mängden bekämpningsmedel som tillsätts kan regleras. Det går också att ha flera separata pumpar med olika kemikaliebehållare. Därmed blir det möjligt att ha tillgång till flera olika bekämpningsmedel och variera dos, koncentration och blandning. Nackdelarna är att det är en viss fördröjning innan den önskade koncentrationen i sprutvätskan uppnås, det kan vara svårare att rengöra detta system och torra bekämpningsmedel medför problem (Secher, et al., 2000).

Med flera sprutramper. Genom att ha flera ramper med olika munstycken kan dosen varieras med samma koncentration av bekämpningsmedel i tanken, utan att riskera att droppstorleken ändras. Ett sådant system har använts i försök vid Institutionen för Lantbruksteknik vid SLU i Uppsala, men är inte så intressant i praktiken.

En del sprutor utgör också kombinationer av mer än en av ovan nämnda principer. Exempelvis finns sprutor på marknaden med både injiceringsystem och inre lufttillsats.

Precisionskalkning

Kalkning förbättrar bördigheten hos en jord fysikaliskt, kemiskt och biologiskt. Ett gott kalktillstånd gör att matjorden blir mer lättbrukad och mer lättgenomtränglig för rötter samtidigt som tillgängligheten av fosfor ökar. Kalkning kan också vara ett sätt att förbättra magnesiumstatusen i marken då detta ämne ingår i kalken. Vid låga pH-värden ökar lösligheten av aluminium och många tungmetaller i marken. Många växter är känsliga för förhöjda aluminiumkoncentrationer i markvätskan. Känsligheten för aluminium hos lantbruksväxter varierar. Känsligast är lucern och sockerbetor, medan spannmål och gräs tål högre koncentrationer. Kalkning medför lägre aluminiumkoncentrationer i marken, men kan dock också medföra att tillgängligheten hos många mikronäringsämnen försämras. Det gäller framförallt mangan och koppar, men också bor och zink.

Det finns alltså många skäl till att kalka och hålla markens kalktillstånd på en bra nivå, men också skäl för att inte höja pH för mycket. Det innebär onödiga kostnader i form av alltför stora kalkinköp och eventuellt också behov av gödsling med vissa mikronäringsämnen.

Kalkbehovet beräknas antingen utifrån aktuellt pH-värde i marken och mål-pH, eller på basis av markens basmättnadsgrad. Vid beräkning av kalkbehovet måste det också finnas uppgifter om mullhalt och lerhalt för att bedöma buffringskapaciteten. Ju högre mull- eller lerhalt en jord har desto större mängd kalk går det åt för att höja pH-värdet en enhet. I vissa delar av Sverige har tydliga samband fastställts mellan lerhalt och K-HCl. Där kan K-HCl-värdet användas istället för lerhalt vid beräkning av kalkbehovet. Fördelen är att kostnaden för en lerhaltsbestämning är betydligt högre än för en K-HCl-analys. På många håll är dock överensstämmelsen mellan K-HCl och lerhalten för dålig för att denna förenkling ska vara möjlig.

För att få en bättre lerhaltsbestämning kan man på sikt förmodligen använda NIR (Nära Infraröd Reflektans) (Stenberg, et al., 2000). Det är en billig och enkel metod och bör därför ha potential inom precisionsodlingen. NIR-bestämningen innebär att man mäter mängden reflekterat ljus från ett material. Det reflektansspektrum som blir resultatet av NIR-mätningen är beroende av materialets ljusspridningsförmåga. Denna beror i sin tur till stor del av partikelstorleken och mängden kemiska ytor. Korrelationen mellan NIR och lerhalt visade sig vara mycket bra, $R^2 = 0,94$. Metoden är snabb och bra, men mätinstrumentet är dyrt. NIR kan också eventuellt vara ett sätt att tillsammans med pH bestämma kalkbehovet, där NIR-utslaget tolkas som ett uttryck för katjonbyteskapaciteten, vilket mull- och lerhalt också avspeglar. Vid en jämförelse av kalkbehovet beräknat från försök och beräknat med NIR var $R^2=0,67$. För att metoden ska kunna användas i praktiken krävs dock fler undersökningar.

Basmättnadsgraden avser förhållandet mellan den samlade mängden utbytbara katjoner i jorden och dess totala förmåga att utbytbart binda positiva joner (katjonbyteskapacitet) Ett förenklat sätt att bestämma mängderna utbytbart bundna katjoner baseras på summan av K-, Ca- och Mg-joner som analyseras vid AL-analys. I rekommendationerna (SJV, 2000) anges ett kvantitativt mått på kalkbehovet för att nå 70% basmättnadsgrad vid olika nivåer på katjonbyteskapaciteten. Vilken metod som används varierar i landet. Undersökningar visar emellertid att sambandet mellan basmättnadsgrad och pH-värde är ganska svagt och att det beräknade kalkbehovet därför är beroende av vilken metod man använder (Stenberg, et al. 2000).

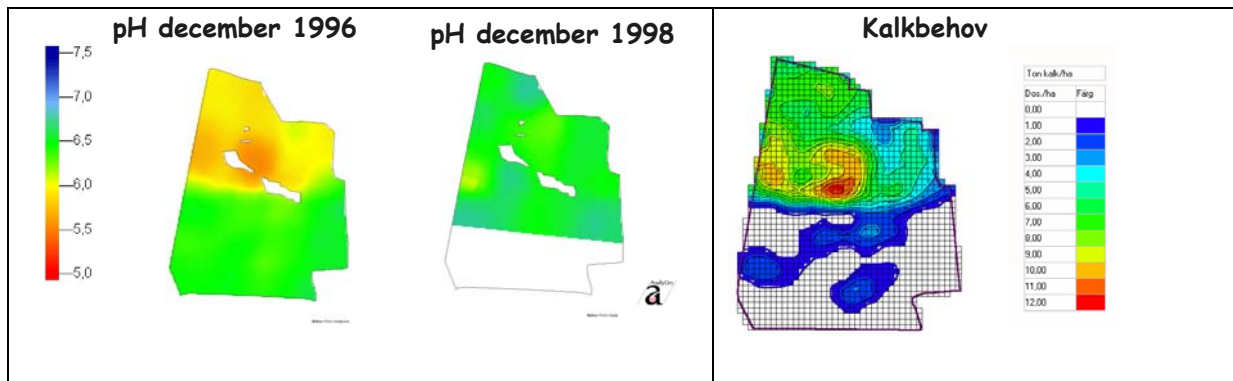
Varierad kalkgiva på basis av markkartan

Tidigare har man på basis av markkartering bestämt en medelgiva kalk för hela fält. En jämn giva riskerar att medföra för låga pH-värden på vissa ställen och för höga på andra. Precisionskalkning innebär att utifrån samma markkartering göra en kalkbehovskarta där kalkmängderna interpoleras fram mellan provtagningspunkterna. Därefter framställs en karta över kalkbehovet vilken får styra kalkspridningen. Kalken som sprids är i form av kalkstensmjöl.

Precisionskalkning är den tillämpning av precisionsodling som för närvarande har den största utbredningen i Sverige. Orsakerna är flera. Markkartering utförs idag i ökande grad av entreprenörer med GPS-utrustning. Det innebär att grundförutsättningen – en markkarta med positionsbestämda provtagningspunkter - blir ett faktum efter markkarteringen. Kalkningen

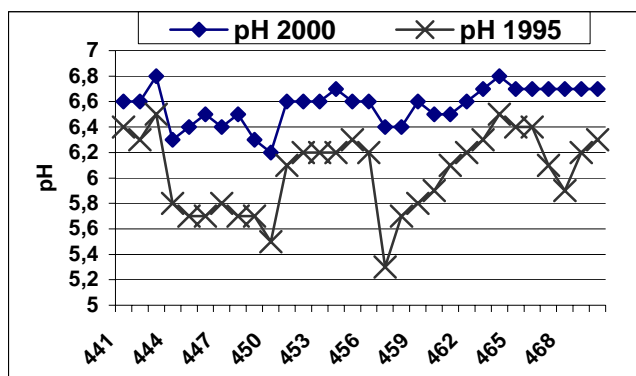
utförs som nämnts normalt av entreprenör, vilket innebär att lantbrukaren själv inte behöver skaffa någon ny utrustning för att kunna variera kalkgivan inom skiftet.

I ett engelskt försök på två fält där pH varierade mellan 4,6 och 7,3 gjordes en kalkbehovskarta efter ett 20 m ruttmönster (Evans, et al. 1997). Det visade sig att på 44 respektive 31 % av punkterna på båda fälten avvek den varierade kalkgivan med mer än 2 ton jämfört med om fälten fått samma giva rakt över. Med en jämn giva skulle omkring 40 % av det ena och 20 % av det andra fältet inte ha nått målet pH 6,5 och omkring 10 respektive 20 % av fälten skulle ha fått för högt pH-värde (>7) efter kalkningen.



Figur 22. Förändring av pH efter varierad kalkning på Bjertorp samt styrfil för kalkbehovet. Kalkningen gjordes 1997.

Hösten 1997 kalkades ett skifte på Bjertorp på Varaslätten med en varierad giva kalkstensmjöl (Gustafsson, 1999a). Tidigare markkartering visade att pH varierade mellan 5,3 och 6,5. Den stora pH-variationen och skillnader i mullhalt och lerhalt (beräknad på basis av K-HCl) gjorde att kalkbehovet beräknades till mellan 0 och 12 ton per ha. För att studera effekten av kalkningen gjordes uppföljande markkarteringar. Efter ett år var pH-värdena betydligt jämnare över fältet. Medeltalet var 6,5 och variationen låg mellan 6,2 till 6,8. En uppföljande markkartering under vintern 2000 bekräftade resultatet från den tidigare mätningen (se figur 20 och 21).



Figur 23. Förändring i pH efter varierad kalkning på enskilda provplatser på Bjertorp. Kalkningen utfördes 1997.

Ibland kalkas fält i första hand för att förbättra struktur och magnesiuminnehåll i marken (Rodenstam, pers. medd.). Detta är vanligt i Skåne vid odling av sockerbetor. I dessa fall styrs kalkmängderna av variationen i magnesiumantal istället för pH över skiftet. Nordkalk har utfört en varierad kalkning, styrd efter magnesiumtalet i marken (se figur 22).

Precisionsgödsling

Markens växtnäringstillstånd påverkas med olika åtgärder såsom gödsling, kalkning, jordbearbetning och tillförsel av organiskt material. Trots enhetlig gödsling under en lång följd av år på en enskild åker kan växtnäringstillståndet variera dels av geologiska orsaker men dels också genom skillnader i avkastning och därmed variationer i mängden bortförd växtnäring. Där skörden varit större än medeltalet för fältet kan mer växtnäring ha förts bort än som tillförts. Detta har i det långa loppet medfört en mer eller mindre stark utarmning av marken. Inom de områden där skörden har begränsats av andra faktorer, exempelvis vattentillgång, kan näringstillståndet ha blivit bättre genom större tillförsel än bortförsel av växtnäringsämnen.

På stallgödslade gårdar förekommer ofta variationer i framförallt fosfortillstånd. Dels har de närmast belägna åkrarna fått stallgödsel oftare och dels har gödseln inte alltid räckt till hela skiftet.

Kväve

Kvävetillgången är, efter vattentillgången, antagligen den viktigaste faktorn som styr grödans tillväxt och kvalitet i Sverige. Om vatten är den begränsande faktorn bör kvävemängden troligen varieras efter vattentillgången, så att områden med hög skördepotential gödglas mer. Är det däremot kvävetillgången som är begränsande, bör mer kväve tillföras där skörden är sämre och förutsättningar att förbättras. Grödans kvävetillgång beror dock inte bara på hur mycket gödsel som tillförts, utan markens egen förmåga att frigöra kväve, kväve mineraliseringen, har stor betydelse. Denna kan också variera betydligt inom ett fält och medverka till att den optimala kvävegivan varierar kraftigt inom detta (Delin & Lindén, 2000). Tyska modellberäkningar har visat att ju större inomfältvariation i avkastning det är, desto fördelaktigare är det med varierad gödsling, både för miljön och för det ekonomiska resultatet (Lindén & Åfors, 1997). De största vinsterna med en anpassad kvävegödsling får man inom lågavkastande områden med en ekonomiskt optimal kvävegiva som ligger betydligt under genomsnittsgivan.

Vid odling av spannmål anses en ökning av kärnskorde vid optimum med 1000 kg/ha medföra en ökad optimal kvävegödslingsnivå med ca 20 kg/ha (SJV, 2000). Det innebär att om skörden inom fältet är mellan 2000 och 6000 kg/ha varierar också den optimala kvävegivan med i storleksordningen 80 kg/ha. En lika stor giva över hela fältet medför stora gödslingsfel i praktiken. I områden med regelbundet lägre avkastning än genomsnittet för fältet bör kvävetillförseln minskas och på de delar av fältet där det finns potential för högre produktion än genomsnittet skulle kvävetillförseln istället kunna ökas. För kvävegödsling kan man teoretiskt tänka sig två strategier:

Strategi 1: Erfarenhetsrelaterad kvävegödsling, som baseras på historiska data om variation i skörd, proteinhalt, jordart, vattentillgång m.m.

En uppbyggnad av kunskap om ett fält med hjälp av markkartering, skördekartering och mätning av proteinhalt ger efter ett antal år troligen en uppfattning om hur skörden varierar inom fältet. Det svåra är att skördevariationen är mycket beroende av årsmånen och att man därför inte med säkerhet kan förutsäga avkastningspotentialen för ett visst område på ett fält under ett speciellt år utan att veta hur vädret blir. Varierande vattentillgång mellan olika år och dessutom varierad växtföljd gör att det kan dröja många år innan det går att få fram riktvärden för kvävegödsling till en speciell gröda utifrån tidigare års erfarenheter om variationerna i avkastning.

Strategi 2: Erfarenhetsrelaterad grundgödsling med kväve och sedan en justering med en sensor i växande gröda senare under säsongen utifrån det aktuella årets förutsättningar. Grundgödslingen varierar på basis årsmån, beståndsutveckling (för höstsäd), markkarta och tidigare års skördekartor. Senare under säsongen bestäms det platspecifika behovet av tilläggsgödsling med kväve med någon tillgänglig metod: N-sensor, kalksalpetermätare, växt- och jordanalys, nitratmätning (i stråbasen) eller crop-scanning. Utifrån det uppmätta behovet för hela fältet med någon av metoderna utförs sedan varierad kompletteringsgödsling med N-sensorn.

Faktorer som påverkar kvävetillgången

Det är som nämnts svårt att enbart utifrån tidigare års skördemätningar förutsäga årets kvävebehov. Skördemätning under flera år ger visserligen en bättre kunskapsbas att bedöma kvävebehovet, men vädrets inverkan på grødtillväxten och markens leverans av kväve under ett visst år är avgörande faktorer. Markens leverans av kväve bestäms dels av det övervintrade förrådet av mineralkväve (ammonium- och nitratkväve) tidigt på våren och dels av kvävemineraliseringens storlek under den efterföljande växtsäsongen.

Kvävemneralisering

Markens förmåga att leverera kväve till grödan beror på dess kvävemineraliseringspotential, som i sin tur påverkas av mullhalt, odlingsinriktning med avseende på djurhållning, förekomst av vallar, baljväxter, gödslingsintensitet m.m. Det är inte enbart mullhalten utan framförallt mullkvaliteten, d.v.s. hur lättmineraliserat kvävet i mullen är, som har betydelse för hur mycket kväve marken frigör. Färskt organiskt material med tillräckligt låg kol-kvävekvot (material som innehåller mycket kväve i förhållande till kol) ger snabb omsättning av kvävet och därmed nettofrigörelse av detta som följd av en kortare tid. Gamla mullämnen däremot kanske inte omsätts på 100 år eller mer.

Mineraliseringens storlek är också beroende av markfukten. En del av det frigjorda kvävet kommer inte växterna till godo på grund av utlakning, denitrifikation (omvandling av nitratkväve till kvävgas av markbakterier) och immobilisering (fastläggning i organiskt material). En betydande orsak är att en hel del kväve frigörs under perioder då det inte finns någon grödasom kan ta upp detta. Omkring hälften av kvävemineraliseringen sker utanför växtsäsongen (Lindén, pers. medd.). Det kväve som frigörs under höst, vinter och tidig vår kan till större eller mindre del förloras. Det som finns kvar på våren kan bestämmas genom s.k. mineralkvävebestämning eller kvävekartering. Det kväve som sedan frigörs fram till avslutad kväveupptagning på sensommaren kan dock inte bestämmas genom analys.

Det finns ingen tillförlitlig kemisk metod eller någon annan laborationsmetod för att prognostisera kvävemineralisering under fältförhållanden, och sambandet mellan mullhalt och

kvävemineralisering är ofta mycket svagt. Det pågår försök med att mäta kvävemineraliseringsförmågan med NIR (Nära Infraröd Reflektans), som redovisas av Börjesson, et al. (1999). Dessa mätte reflektansen av ljus i våglängdsområdet 1100-2500 nm. NIR-mätningarna jämfördes med andra metoder, bl.a. mineralkväveanalyser, för att visa vilket förfarande som bäst kunde förutsäga grödans upptag av mineraliserat kväve. NIR förutsade detta ungefär lika bra som mineralkväveanalyser på våren. Genom att mäta mängden reflekterat ljus inom NIR får man som nämnts också en uppfattning om lerhalt, mullhalt och mullkvalitet, vilket innebär att det NIR-spektrum som analysen visar betingas av flera olika faktorer. Dessa parametrar har också stor betydelse för markens mineraliseringsförmåga. Fördelen med metoden är att den är enklare och billigare än övriga metoder, vilket kan möjliggöra tätare provtagning. Vidare undersökningar får visa vilka möjligheter metoden har.

Den optimala kvävegivan varierar över fältet och är mycket beroende av årsmånen som påverkar både avkastningsnivån, kväveleveransen från marken och förlusternas storlek. Därför är det svårt att utifrån tidigare års erfarenheter bedöma kvävebehovet så länge man inte kan förutsäga vädret.

Försök har visat att restkvävemängderna i marken efter vårsäd inte självklart hade något samband med skördenivån och storleken på kvävegivan (Eriksson & Niklasson, 1998). En mycket hög, överoptimal kvävegiva medförde dock mer restkväve kvar i marken vid avslutad kväveupptagning. Man fastställde samband mellan mullhalt och mängden kväve i marken efter skörd och tidigt på våren (stallgödslat fält). Den optimala kvävegivan kunde varken bedömas utifrån tidigare års skördar, mängden mineralkväve på våren eller markegenskaper som mullhalt och lerhalt. Effektiviteten hos det använda gödselkvävet var ganska låg oavsett gödslingsnivå. Undersökningen visade att nettomineraliseringen på fältets olika delar hade större påverkan på den optimala kvävegivan än skördenivån. Det fanns också ett starkt samband mellan mullhalten och nettomineraliseringen. Normalt är dock korrelationen inte stark nog för att få ett bra mått på kvävemineraliseringen bara genom att utgå ifrån mullhalten (Lindén, pers. medd.). Som redan nämnts har mullkvaliteten stor betydelse. Härtill kommer inverkan av vädret under växtsäsongen på förutsättningarna för kvävefrigörelse.

Istället för att försöka förutsäga kvävemineraliseringen, med de svårigheter som detta innebär, kan istället grödans kvävestatus mätas under säsongen för att bedöma kvävetillgången. Växtanalys, nitrathalten i stråbasen, klorofyllhaltsbestämning med hjälp av kalksalpetermätare och N-sensor utgör sådana möjligheter.

Mineralkväveanalys (kvävekartering) på våren

Markens innehåll av mineralkväve (N-min), med vilket avses summan av ammonium- och nitratkväve inom rotzonen, på våren varierar årligen med vinterväder, förfrukt, jordart m.m. Det är värdefullt att veta hur mycket kväve marken innehåller tidigt på våren, för att anpassa kvävegivan efter behovet och därmed utnyttja kvävet bättre. Vid ensidig spannmålsodling är variationen i kväveinnehåll oftast måttlig. I gödslingsrekommendationer utgår man ifrån en kvävemängd på mellan 30 - 40 kg/ha ner till ett djup på 60 cm (SJV, 2000). Den normala nivån kan dock variera en hel del mellan olika områden i landet.

Metoden innebär att man tar jordprov tidigt på våren, varvid det normalt rekommenderas att 20 delprov till 60 cm djup tas utefter en linje på fältet. Delproven slås sedan ihop till ett samlingsprov. Antalet samlingsprov per fält kan variera beroende på markegenskaper. Det

normala är dock ett prov per fält. Dessvärre är provtagning och analys så dyra att tätare provtagning blir alltför kostsamt. Undersökningar på Bjertorp i Västergötland visar dessutom att mineralkväveförråden efter stråsäd normalt är små och att inomfältvariationen är av liten betydelse för gödningen. Problemet är dessutom att mängden mineralkväve tidigt på våren inte säger något om hur mycket kväve marken kommer att leverera genom kväveminalisering under den kommande växtsäsongen. I danska undersökningar noterades en svag korrelation mellan de årliga N-min-värdena under våren på provtagningspunkter som provtogs i tre år på två åkrar med höstveten samtliga år (Elsnab Olesen, 1997). På båda skiftena var korrelationen mellan åren bättre i skiktet 25 – 75 cm än i matjorden. Den ena lokalen uppvisade dock betydligt bättre samband. Där var det mindre variation mellan åren i matjorden än det var i alven på den andra lokalen. Skillnaden mellan de två nivåerna i marken förklarades med att matjorden var mer påverkad av avrinning, väderlek och tillväxt än det djupare skiktet.

En engelsk undersökning visade svaga samband mellan mineralkvävemängden i marken på våren i matjorden och kväveförrådet i de undre skikten, 30 – 60 cm respektive 60 – 90 cm (Leake, 1997). Däremot var det bra samband mellan de två undre skikten. Huvuddelen av fältet hade ett mineralkväveinnehåll i marken ner till 90 cm som varierade mellan 75 och 150 kg N/ha. Mycket tät provtagning visade på en stor variation inom små områden. Inom en ruta på 4 m² varierade kväveinnehållet mellan 80 och 156 kg/ha på ett ställe och mellan 80 och 107 kg/ha på ett annat. I denna undersökning uppvisade mineralkvävemängden i marken på våren dock inte något samband med skörden. I Sverige är variationen i allmänhet troligen mindre p.g.a generellt mindre mineralkväveförråd i marken på våren (Lindén, pers. medd.).

Av det ovan nämnda framgår att det inte räcker att basera kvävegödningsnivån endast på basis av hur mycket mineralkväve det finns i marken tidigt på våren. Dessutom är det dyrt, både att ta många prover per fält och att analysera dem. För att det ska vara intressant med mineralkväveanalyser på våren, krävs en billigare mätmetod, så att kostnaden för provtagning och analys blir lägre. Skiftesvisa mineralkväveanalyser är dock relevanta efter kväverika förfrukter (klöverrika vallar, baljväxter, potatis m.m.), efter stallgödseltillförsel under hösten och vintern och på jordar med mycket stallgödsel i växtföljden och/eller mullrika jordar.

Växt- och jordanalys

Denna metod bygger på provtagning av både gröda och mark (0 - 20 cm) strax före lämplig tid för kompletteringsgödning (Lindgren, 1998). Jordproverna analyseras med avseende på mineralkväve och växtproverna på innehåll av de näringsämnen som efterfrågas. Analysresultaten används därefter till en modellberäkning av hur mycket kväve m.fl. ämnen som ytterligare behövs vid det aktuella utvecklingsstadiet för att uppnå en antagen skördenivå. Det anges också hur stor avkastning den tillgängliga växtnäringen beräknas räcka till. Svårigheten är att göra en bra uppskattning av skördenivån, för att få en väl anpassad kvävegiva. En fördel med denna metod är att man får en god bild av växtnäringstillståndet i grödan. Om denna lider brist på något annat än kväve får man reda på det. Analysen av mineralkvävet i marken ger också en bra grund för beslut om tilläggsgödning. Det finns också klara nackdelar med denna metod. Dels kostar både provtagning och analys mycket, och dels tar det lång tid innan resultatet av provtagningen är färdigt. Härtill kommer att uttagning av platsspecifika prover i precisionsodlingssammanhang i praktiken är omöjligt av tids- och kostnadsskäl. Några få tydligt avvikande fältdelar kan dock provtas.

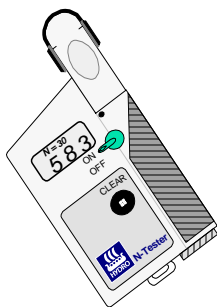
Nitratstickor

Metoden som avser bestämning av nitratinnehållet i stråbasen på stråsåd används i första hand för att bedöma behovet av tilläggsgödsling till höstvetete (Lindgren, 1998). Ursprungligen utvecklades metoden i Tyskland under 1980-talet och vidareutvecklades sedan bl.a. i Danmark. Under 1990-talet anpassades metoden till svenska förhållanden av CG Pettersson på ODAL, Enköping. Mätningen görs genom att nedersta delen av huvudskottet klipps av och växtsaften pressas ut med en vitlökspress. För bestämning av nitrat i provet används indikatorstickor som ger en färgförändring. Utslaget relateras sedan till kvävebehovet. Metoden har också använts för att bedöma kvävebehovet i potatis. Då mäts nitrathalten i bladskäften. Enligt ODALs anvisning används samma s.k. nitratstickor som vid mätning av nitratinnehåll i grundvatten.

Metoden skulle kunna användas för att göra en kvävebehovskarta över ett fält för att styra tilläggsgödsling. Det innebär dock många provtagningar, vilket tar mycket tid. Själva analysen är dock billig. För att fastställa ett medelbehov för ett fält är mätning av nitrathalten i grödan mer användbar. Kvävet kan sedan spridas med N-sensor så att kvävemängden varieras efter grödans behov. Ett alternativ är att med nitratstickor provta några tydliga större delområden som skiljer sig åt i t.ex. avkastningsnivå.

Klorofyllmätare (Kalksalpetermätare)

Kalksalpetermätaren är det namn som Hydro Agri AB gett till sin version av det som internationellt benämns klorofyllmätare. Instrumentet ser ut som en tång och mäter intensiteten av den gröna färgen i bladet vilket sedan relateras till klorofyll. Man mäter genom att knipa om ett blad, utan att plocka av det. Mätaren sänder ljus genom bladet och registrerar transmittansen, d.v.s. det genomgående ljuset. Den beräknar härvid hur mycket infrarött ljus som absorberats av bladet. Ju mer ljus som absorberas, desto mer klorofyll och därmed kväve finns i bladet. Plantans gröna färg påverkas dock även av brist på andra näringsämnen, vilket man bör vara medveten om.



Figur 24. Kalksalpetermätaren (bild: Hydro Agri AB).

Efter 30 godkända mätningar på olika blad fås ett siffervärde på displayen. Med hjälp av en tabell över olika grödor och sorter kan man därefter bedöma behovet av tilläggsgödsling med kväve i en gröda. Resultatet används för att avgöra om en gröda har behov av mer kväve. Fram till 1999 gav kalksalpetermätaren ingen differentierad gödslingsrekommendation, utan resultatet innebar komplettering med 40 kg eller inte. Under säsongen 2000 tillhandahöll Hydro Agri en tabell, i vilken mätvärdet kunde relateras till ett kvävebehov på mellan 30 och 60 kg N/ha, om det fanns behov av tilläggsgödsling.

Värdena från kalksalpetermätaren ska relateras till den aktuella sorten, innan de kan ligga till grund för en gödslingsrekommendation. Under säsongen 2000 presenterades sortkorrigeringar

för höstvet, rågvete, råg, höstkorn, vårvete, vårkorn och potatis. När det gäller potatis avsåg dock uppgifterna bara Bintje. I spannmål verkar korrelationen mellan mätvärde och effekt av ytterligare kväve bäst i stadium 39 – 45 (Lindgren, 1998).

Enligt Hydro Agri var korrelationen mellan mätvärde med kalksalpetermätaren och ökningen i höstvetekastning, mätt i kronor per ha, under åren 1995 – 1998 god ($R^2=0,55$) (Kjellquist, 1999). Vid JTI har man under flera år undersökt kalksalpetermätarens förmåga att förutsäga avkastning och proteinhalt i korn och höstvet. I dessa försök varierade korrelationen mellan mätvärden och avkastning (kg spannmål/ha) mellan 0,07 och 0,44 under 1995, 1996, 1997 och 1999 (Thylén & Algerbo, 1999 och i Thylén, pers. medd.). Under samma år var korrelationen för de uppmätta värdena med kalksalpetermätaren och proteinhalten mellan 0,11 och 0,48. I ett engelskt försök användes klorofyllmätare för att bedöma kvävebehovet inom en meters radie från specifika punkter på ett fält under en växtsäsong. Det rädde ett förhållandevis svagt samband ($R^2 = 0,25$) mellan mätvärde och skörd (Leake, 1997). Resultaten visar på en variation i säkerheten i mätningen mellan olika år, vilket i viss mån är att förvänta. Mätningen tar ingen hänsyn till brister av andra näringsämnen, kvävetillgången i marken, sjukdomstryck, mineraliseringspotential, väderförhållanden m.m. Därför finns det så många andra faktorer som också påverkar den slutliga skörden utöver klorofyllhalten under stråskjutning.

Under säsongen 2000 har Hydro Agri använt kalksalpetermätaren på försök i vete vid stadium 57 - 64 (C. Karlsson, pers. medd.). Så sent under utvecklingen var sambandet bra mellan uppmätt värde och proteinhalt vid skörd, $R^2=0,72$.

För precisionsstyrning av kvävegödsling på ett fält krävs många mätningar med kalksalpetermätaren. Det skulle vara möjligt att utifrån gjorda mätningar göra en karta över kvävebehovet på fältet, som sedan kan fungera som underlag för en varierad gödselspridning. Arbetsinsatsen blir dock orimligt stor. Kalksalpetermätaren kan däremot med fördel användas för att få fram ett genomsnittligt kvävebehov för ett fält eller ett par delar av detta. Därefter kan N-sensorn variera kvävegödslingen efter variationen i grön färg och beståndstäthet hos grödan.

Fjärranalys

Cropscan

Cropscan är en form av fjärranalys (Lindgren, 1998). Metoden innebär att man mäter ljusreflektansen från en gröda. Den har använts under lång tid för att mäta skilda former av stress hos grödan. Normalt har man mätt åtta olika våglängder av synligt (400 – 700 nm) och nära infrarött ljus (NIR, 700 - 1000 nm). En mätning ger ett spektrum med uppgift om hur mycket ljus av varje våglängd som reflekterats. Om en växt är stressad p.g.a. kvävebrist, vattenbrist, sjukdomsangrepp eller annat förändras reflektansen och reflektansspektrum ser annorlunda ut. En tät och frisk gröda absorberar mycket rött ljus och reflekterar en stor andel av det infraröda. För en stressad gröda gäller det omvända. Ju fler våglängder som mäts desto större möjlighet finns att skilja ut skilda slag av stress (se avsnitt "Vad är ljus?").

Försök i Mellansverige 1997 visade att Cropscan kunde förutsäga skörden lika bra som jord- och växtanalys, eller med en felmarginal på 300 kg/ha, om man använde mätvärden från stadium 32, 45 och 60 (enl. Zadoks) (Lindgren, 1998). Resultatet i enbart stadium 32 gav inget samband alls med skörden. Ju senare stadium desto bättre samband erhöles. Negativt är att det inte går att relatera ett bestämt siffervärde till en viss tillväxt. Därför skulle ett stort

antal mätdata behövas för att kalibrera data. Mätningen är också beroende av instrålningen. Vid molnigt väder bör metoden inte användas.

Om cropscan skulle användas som underlag till en tilläggsgödsling skulle det kräva ett mycket stort antal mätningar. Undersökningen ovan antyder också att mätningarna dels måste göras vid flera utvecklingsstadier och dels att grödans utveckling måste ha kommit ganska långt innan säkerheten i mätningen blir acceptabel. För att få bästa effekt av en tilläggsgödsling bör den läggas i mitten/slutet av stråskjutningen. Därför verkar cropscan i sin nuvarande utformning inte ha så stor användning inom praktiskt jordbruk för att bedöma kvävebehovet hos en gröda.



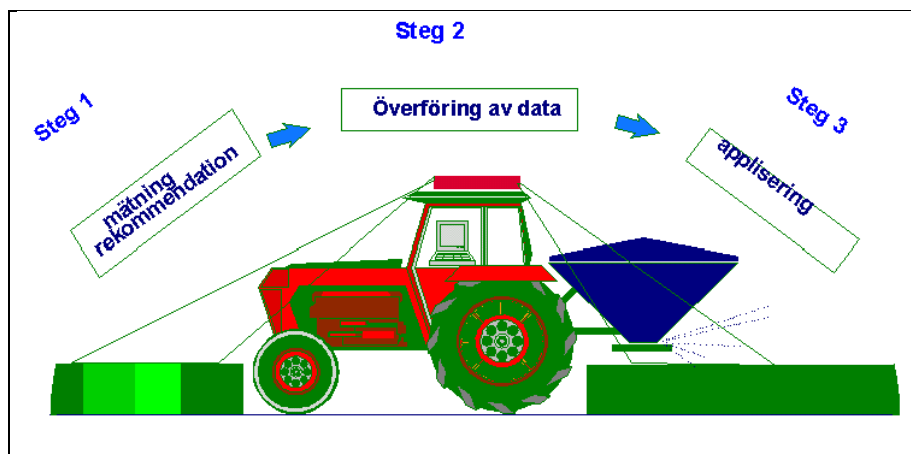
Figur 25. Cropscanmätning. Mätningen utförs av Anneli Kihlstrand.

N-sensor

N-sensorn har utvecklats av Hydro Agri och har använts kommersiellt i spannmål i Sverige sedan 1999. Mätningar har också gjorts i oljeväxter och potatis, men där är erfarenheterna mer begränsade.

N-sensorn är utrustad med fyra sensorer som mäter ljusreflektansen från grödan i fyra vinklar från traktorn. Dessutom finns en sensor som kompenserar för den aktuella instrålningen av solljus. På så sätt blir instrumentet mindre känsligt för molniga förhållanden. Den uppmätta reflektansen räknas om till ett kvävebehov i en dataenheten med utgångspunkt i de kalibreringsdata som programmeras in före körning. Sensorn mäter två olika våglängdskombinationer, en för att beräkna kvävebehov och en för att beräkna biomassa. Från dataenheten skickas sedan information till styrmekanismen på spridaren som regleras kontinuerligt under körningen. Kalibreringen innebär att sensorn ställs in efter grödans grönfärg och beståndstäthet, samt sort- och grödegenskaper. Styrningen av kvävegivan regleras utifrån det genomsnittliga kvävebehovet för fältet. Detta kan uppskattas med olika metoder, t.ex. kalksalpetermätaren. När sensorn sedan kör över fältet anpassas kvävegivan i förhållande till den angivna genomsnittsmängden. Vid behov kan brukaren ange ett intervall inom vilket den giva som sprids ska variera.

N-sensorn kan kopplas till en DGPS-utrustning. Då kan man få en spridningskarta över fältet.



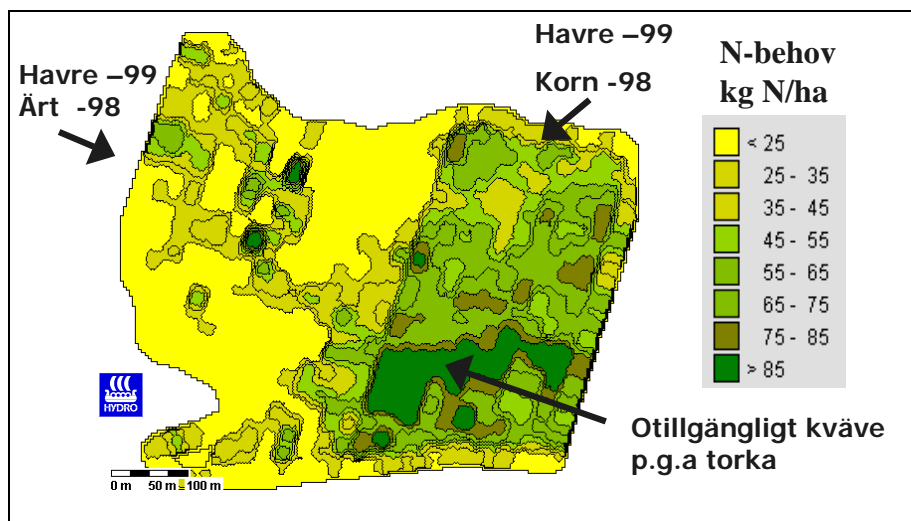
Figur 26. Schematisk bild på N-sensorn (bild: Hydro Agri).

Försök har visat på ett par procents högre skörd och ofta en något högre proteinhalt efter användning av N-sensorn. Framförallt har denna givit jämnare proteinhalter. I medeltal har proteinhalterna legat på ungefär samma nivå med variabel spridning som med jämn, men skillnaden mellan max- och minvärdena har blivit mindre efter spridning med hjälp av N-sensorn. Jämnare proteinhalter är viktigt framförallt för brödspannmål och malkorn. Det är inte självklart att N-sensorn ger en totalt mindre kvävemängd, men kvävet utnyttjas sannolikt mer effektivt. Bättre anpassade kvävegivor minskar också risken för liggsäd och svampsjukdomar.

Mätningar av biomassa med N-sensorn vid olika tidpunkter under en säsong uppvisar likheter i mönster över fältet. En tidig scanning skulle kunna ligga till grund för en varierad huvudgiva. Vid stråskjutning verkar det eventuellt finnas en möjlighet att genom mätning av biomassan kunna förutsäga risken för liggsäd på fältet. Med värden på biomassan över en viss nivå, som kan variera mellan sorter och grödor, finns tendenser till att risken för liggsäd ökar markant. Det är dock för tidigt att dra några säkra slutsatser. Att minska risken för liggsäd är kanske det mest värdefulla för lantbrukaren. Mindre liggsäd ger en jämnare kvalitet, lägre vattenhalter, och en snabbare tröskning, med lägre tröskningskostnader som följd.

N-sensorn verkar vara den metod som är bäst av dem som finns tillgängliga idag för bedömning av kvävebehovet i växande gröda. Man får dock inte glömma att också ta hänsyn till beståndet, vädersituationen, tidigare erfarenhet från fältet, sjukdomstryck mm vid bedömningen av gödslingsbehovet.

N-sensorn gör ingen skillnad mellan gröda och ogräs, vilket kan ge missvisande resultatet. Mer försök och flera års erfarenheter får utvisa N-sensorns möjligheter.



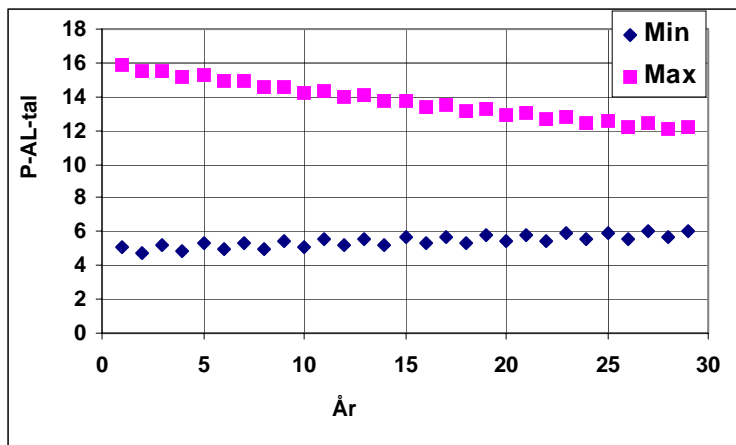
Figur 27. Mätning med N-sensorn i höstvetete den 24 maj 2000. Notera skillnad i kvävebehov på grund av olika förfrukt 1998 (bild: Hydro Agri).

Fosfor och kalium

Jämförelser mellan skördekartor och markkartor visar ibland negativa samband mellan skörd och fosfortal. Det innebär att fosfortillståndet kan vara sämre där skörden är hög. Våra jordar har gödslats upp med fosfor. Därför råder ofta ett gott fosfortillstånd. Om avkastningen varierar på ett fält, men gödningen görs efter medelskörden, innebär det att där produktionen är högst förs det bort mer fosfor än vad som tillförs med gödseln. Å andra sidan blir tillförseln större än bortförseln inom områden där skörden är lägre. Därmed uppstår ett negativt samband mellan avkastning och fosfortillstånd (Dawson, 1997). I USA, där man inte har gödlat med fosfor i samma omfattning som här, och jordarna därför har sämre fosfortillstånd, förekommer däremot positiva samband mellan fosfor och skörd. Där har fosforinnehållet i marken i vissa fall varit begränsande för skörden och bättre avkastning har varit relaterat till höga fosfortal i marken (Algerbo & Thylén, 1998).

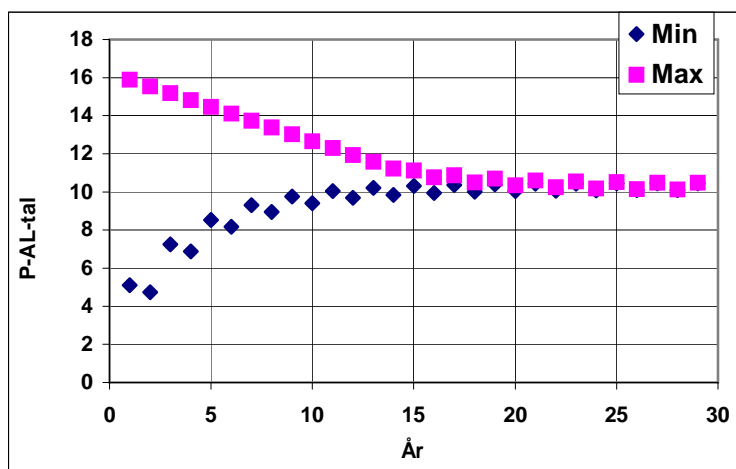
I danska försök 1992-95 med höstvetete och höstkorn erhöles oftast god korrelation mellan innehåll av P och K i halm och kärna och mängden lättlöslig fosfor och kalium i marken. Det kunde noteras en lyxkonsumtion av både kalium och fosfor inom områden på fältet med höga K-AL- och P-AL-tal (Elsnab Olesen, 1997). Den kortsiktiga ekonomiska vinsten med att sprida P och K varierat var relativt liten. Det minskar dock risken för lyxupptag hos grödan. Skördekartorna varierar mellan olika år och därför växlar också sambanden med fosfor- och kaliumtillgången i marken (Brenk et al., 1999). För att hålla kalium- och fosfortillståndet på en jämn nivå i marken är det viktigt att gödsla efter markkartans variation.

I försök på bl.a. Bjertorp har man noterat att det blir mycket liten skördeökning som en följd av fosforgödning på jordar med P-AL-tal över 10 (Gustafsson, K. 1999b). Fosfortillgängligheten är också beroende av pH. Försök har visat att med ett bra kalktillstånd på skiftet kan brytpunkten för om en fosforgödning är ekonomiskt lönsam eller inte ligga vid betydligt lägre P-AL-tal.



Figur 28. Modellerad utjämning av P-AL-talet på Bjertorp med gängse rekommendation. Fosforgivan beräknas som $y = 20 - 2(\text{aktuellt P-AL-tal} - 6)$ (bild: K. Gustavsson).

På Bjertorp har några skiften PK-gödslats efter markkartan sedan 1996 (Nissen, pers.medd.). Med gödsling efter normala rekommendationer märks ingen förändring av P- och K-tillståndet i marken på de korta tid som har förflutit sedan dess. I modellberäkningar har det visat sig att det tar mycket lång tid att förändra P-AL-talet om gängse rekommendationer följs (se figur 27). För att få en snabbare utjämning av fosfortillståndet måste fosforgödslingen ökas respektive minskas mer drastiskt på områden med mycket låga respektive höga P-AL-tal (se figur 28).



Figur 29. Modellerad utjämning av P-AL-talet på Bjertorp med gängse rekommendation. Fosforgivan beräknas som $y = 20 - 20(\text{aktuellt P-AL-tal} - 6)$ (bild: K. Gustavsson).

Växtskydd

Det är svårt att på ett enkelt och effektivt sätt bedöma hur angreppsnivån för en skadegörare i ett fält varierar (Secher et al., 2000). Kunskapen om interaktioner mellan växt, skadegörare och pesticid är begränsad. Det finns idag ingen fungerande beslutsmodell för hur man ska variera bekämpningen av skadegörare i ett fält, men beståndstätheten anses vara en viktig faktor.

Olika skadegörare har skilda sätt och förmåga att sprida sig och dessutom skiftande krav på omgivningen för att trivas. Jordburna sjukdomar kan uppträda fläckvis, medan sjukdomar som sprids via luften ofta förekommer relativt allmänt över ett fält. Vissa insekter kan förekomma i varierande grad inom olika delar av fältet. De första angreppen kan komma i en fältkant och därefter sker en successiv spridning inom fältet.

För svampangrepp har tätheten i beståndet betydelse för svampens utveckling och spridningsförmåga uppåt i beståndet (Hedene, pers. medd.). Det har dock betydelse när i grödans utveckling angreppen utvecklas. Ett tätt bestånd före stråskjutning underlättar spridningen av bladfläckssvampar uppåt mellan olika bladnivåer i en stråsädesgröda, medan ett gles bestånd vid samma tidpunkt fungerar tvärtom. Efter stråskjutningen medför ett tätt bestånd däremot att svampen får svårt att med hjälp av regnstänk klättra uppåt mellan bladnivåerna. Därför är det inte självklart att de största angreppen av bladfläckssvampar finns där beståndstätheten är som störst.

Mjöldagg trivs sämre i en gles och genomluftad gröda. En dansk undersökning från 1997 visade att mjöldaggsangreppen i höstvetete dominerade i vindskyddade områden, exempelvis intill skogskanter och läplanteringar (Bjerre et al., 1998; Secher et al, 2000). 1998 fortsatte försöken och då minskade angreppsnivån av både mjöldagg och brunfläcksjuka med ökat avstånd från en skogskant (Bjerre, 1999). För att bedöma beståndstätheten gjordes mätningar med cropscaan och reflektansen av infrarött och rött ljus från grödan räknades om till ett vegetationsindex (RVI). Bekämpning utfördes med samma dos över hela fältet. Resultaten från undersökningarna 1997 och 1998 visade att mjöldaggsangreppen inte hade något klart samband med beståndets täthet, utan angreppsnivån var högst där beståndet var medeltätt medan de glesaste bestånden var minst angripna. Lägre angreppsnivå i glesa bestånd beror på sämre mikroklimat för svampen och bättre effekt av fungiciden p.g.a. konventionell bekämpning. Septoriaangreppen minskade däremot med ökad grödtäthet, sannolikt beroende på att spridning av sporer med hjälp av vattenstänkstänk går bättre i ett gles bestånd jämfört med ett tätt. Resultatet av sex danska försök med varierad fungicidbekämpning på basis av grödans täthet i två mjöldaggskänsliga sorter gav signifikanta skördeökningar på i medeltal 120 kg/ha (Ritmo och Trintella) (Bjerre, pers. medd.).

Också i svenska försök har det noterats samband mellan grödans täthet och angrepp av Septoria (Ewaldz. pers. medd.). Försöken gjordes i Skåne under 1998 och 2000. Under växtsäsongen 2000 undersöktes också förekomsten av samband mellan svampangrepp och N-sensor-mätningar i Skåne, men än finns inga färdiga resultat.

Utöver att beståndstätheten påverkar utveckling och spridning av skilda skadegörare på skiftande sätt koncentrationen av bekämpningsmedel som hamnar på de olika bladnivåerna (Secher, 1998). Likartad dosering över hela arealen gör att koncentrationen av preparatet blir lägre per blad i täta bestånd än i glesa. Därför kan det vara aktuellt att variera dosen efter beståndet bara för att få en jämn fördelning av bekämpningsmedel på bladen. Om det föreligger bekämpningsbehov på ett helt skifte fås en jämnare effekt av fungiciden om dosen

varieras efter grödtätheten. Med en jämn dos över hela fältet hamnar mer bekämpningsmedel på marken där beståndet är glesare än om dosen minskas inom dessa områden.

Ogräsbekämpning

Ogräsförekomsten har stor betydelse för skördenivån. Ogräsen konkurrerar med grödan om ljus, näring och vatten och kan bekämpas kemiskt eller mekaniskt. Den kemiska bekämpningen är effektiv, men det kan finnas risker med användningen av bekämpningsmedel. Det finns en klar vilja från samhället att minimera användningen av kemiska bekämpningsmedel i lantbruket.

Under senare år har också nackdelar med mekanisk bekämpning av ogräs blivit aktuell. Stubbearbetning före plöjning stimulerar mineraliseringen av kväve vid en tidpunkt då det normalt inte finns någon gröda eller annan växtlighet som kan ta upp kväve, vilket medför ökad risk för kväveutlakning. Den mekaniska ogräsbekämpningen har också minskat, beroende på en ökad kostnadsskillnad mellan kemisk och mekanisk bekämpning.

Ogräs förekommer oftast i varierande antal över arealen. Vissa arter växer inom tydligt avgränsade områden. Det gäller i första hand rotogräs, som sprids med underjordiska utlöpare. I vissa fall är en art väl spridd över skiftet, men antalet per ytenhet varierar kraftigt. Grödans förmåga att konkurrera och beståndets karaktär har också stor betydelse för ogräsen utbredning. Detta gör att det vore intressant att kunna variera dosen efter behov. Känsligheten för ogräsmiddel och blandningar av dessa växlar mellan olika arter. Därför vore det optimalt att kunna reglera både dos och blandning efter förekomsten av ogräsarter under pågående bekämpning. Genom att anpassa dosen efter behovet i fält har det visats att den totala mängden ogräsmiddel kan minskas med mellan 0 och 89 %, men i många försök har reduktionen legat på ca 20 – 50 % (Christensen & Walter, 2000). Varierad dos ger både ekonomiska och miljömässiga fördelar. Minskad mängd bekämpningsmedel innebär lägre kostnad och minskad risk för rests substanser och vindavdrift (Engquist et al., 1999).

Behovet av bekämpning bedöms utifrån vilka ogräsarter som förekommer, ogrästäthet, hur mycket ogräs man kan acceptera och i vilken gröda som är aktuell. För att göra den bedömningen måste någon typ av gradering av ogräsen täthet och artsammansättning göras eller också ska ogräsförekomsten kopplas till någon annan faktor, som kan mätas. Beslutsmodellen är den största svårigheten för varierad bekämpning. Bekämpningsbehovet kan i första hand avgöras med någon av följande metoder:

- manuell inventering
- spektrometri
- digital bildanalys
- efter jordart

I Danmark har sambandet mellan skördekartor och ogräsförekomst studerats, men något klart samband kunde inte fastställas (Faurholt, 2000). Danska forskare har också arbetat med att kartlägga ogräsförekomsten genom en sammanvägning av tidigare års ogräsinventering, jordartskarta och erfarenhet och sedan kombinera detta med en visuell eller automatisk gradering som inte behöver vara så omfattande. Andra forskare har använt flygbilder för att kartlägga blommande, höga och täta bestånd av ogräs (Christensen & Walter, 2000). Med denna metod är det dock för sent att bekämpa ogräsen samma år. Den största möjligheten till

minskad dos föreligger när ogräsen inte är så väl spridda utan mest förekommer inom begränsade områden.

Manuell kartläggning av ogräsförekomst

Problemet med manuell gradering av ogräsförekomsten är, att det tar lång tid och blir dyrt. Resultatet av graderingen kan positionsbestämmas och markeras på en karta. Kartan kan sedan styra insatserna. Det är en möjlighet vid fläckvis förekomst av tistel, kvickrot och flyghavre. Annars är det orealistiskt med manuell gradering av ogräsförekomsten som underlag till en varierad bekämpning.

I Danmark och Tyskland har försök ändå gjorts för att se hur mycket man kan minska användningen av bekämpningsmedel. Danska försök visar på 20 – 60 % mindre behov av bekämpningsmedel med olika graderingar, och skilda typer av sprutor (Heisel et al., 1999). I en tysk undersökning där herbiciddosen varierats efter ogräsförekomsten under fyra år i rad visades att doserna kunde minskas betydligt (Gerhards et al., 1999). Ett år var det endast behov av bekämpning på ca 30 % av arealen. På grund av att det inte var möjligt att stänga av delar av sprutbommen blev ändå lite drygt 50 % av ytan bekämpad. Sektionering av sprutbommen och möjlighet att variera doser och bekämpningsmedel under pågående körning skulle ha minskat användningen ännu mer.

I en dansk undersökning med injektionsspruta och noggrann manuell ogräsgradering använde två olika bekämpningsmedel (Walter et al., 2000). Både medel och dos optimerades efter ogräsförekomst utifrån officiella danska rekommendationer. Resultatet av bekämpningen graderades före skörd och var tillfredsställande. Totalanvändningen av bekämpningsmedel kunde minskas med 31,5 %. Undersökningen visade att injektionssprutan fungerade bra för precisionsbekämpning, men vissa delar behövde vidareutvecklas.

Platsspecifik ogräsbekämpning med hjälp av bildanalys

En metod, som anses ha stor möjlighet att fungera praktiskt, är optisk gradering av ogräs med bildanalys. Metoden innebär att bilder från en videokamera matas in i en dator där bildens form, struktur, färg och s.k. gråvärde analyseras. För ogräsbekämpning är bladformen och radstrukturen de två mest intressanta egenskaperna. Bladformen gör det möjligt att skilja på gröda och ogräs. Vid Institutionen för Lantbruksteknik vid SLU i Uppsala har man gjort försök med detektion av ogräs med hjälp av sådan bildanalys (Engquist, 1996). Det har fungerat att skilja ut rundade ogräsblad i en spannmålsgröda. Bladen kan dock inte vara för små. Då blir säkerheten för dålig. På sikt kan det eventuellt också bli möjligt att skilja på olika ogräsarter.

I England finns en självgående radhack som registrerar raderna i vitkål och hackar mellan dem (Engquist, pers. medd.). I Sverige håller Danisco Sugar AB i samarbete med Högskolan i Halmstad på att ta fram en radhack för sockerbeter (Ebelin, pers. medd.). Den är monterad på en traktor och styr mellan raderna med hjälp av bildanalys. Den nya tekniken gör att det går att köra betydligt fortare än tidigare och det blir mindre arbetsamt för den som kör. Nästa steg blir att ta fram en hack som kan skilja ut sockerbetsplantor från ogräsplantor i raderna och sedan hacka i själva raden mellan plantorna. Intresset för denna teknik är stort, speciellt inom den ekologiska sockerbetsodlingen. Vid Institutionen för Lantbruksteknik vid SLU i Uppsala pågår utveckling av en radhack för spannmål och oljevaxter med normalt radavstånd (12,5 cm), där styrningen ska ske med hjälp av bildanalys (Engquist, pers. medd.).

I Danmark har man tagit fram ett system, WeedEye, som med hjälp av bildanalys gör totalbekämpningar utmed järnvägar i en hastighet av 45 km/h med godkänt resultat (Christensen & Heisel, 1998). På sikt kan det bli möjligt att använda WeedEye vid bekämpning av ogräs mellan rader på ett tidigt stadium då grödan inte täcker ogräset.

Ogräsdetektion med spektroradiometriska sensorer

Vid totalbekämpning av en träda kan man variera dosen efter ogräsförekomst med hjälp av mätning av reflektans av synligt och infrarött ljus. Växter respektive sten och jord reflekterar ljus av skilda våglängder i olika utsträckning. På så sätt kan ogräset detekteras och bekämpas. Metoden används för att variera dosen vid bekämpning av ogräs på träda eller vid annan totalbekämpning (Christensen & Heisel, 1998). Detta system finns ännu inte i Sverige, men metoden vore ett sätt att minska den mängd bekämpningsmedel som används vid ogräsbekämpning på trädor. N-sensorn skulle kunna användas till detta (Nissen, pers. medd.).

Undersökningar görs också för att finna spektrala skillnader i reflekterat ljus från olika växtarter för att på så sätt kunna skilja gröda från ogräs och även ogräsarter från varandra (Heisel et al., 1998). Det verkar dock mycket svårt att hitta sådana skillnader (Christensen & Heisel, 1998). I belgiska försök på laboratorium har man lyckats skilja majs och sockerbetor effektivt från ogräs när de odlades tillsammans med åtta olika ogräsarter (Vrindts et al., 1999). Det visar att det finns en utvecklingspotential. I fält blir det dock betydligt mer komplicerat med fler arter, varierande jord- och ljusförhållanden och växter som delvis överlappar varandra.

En radiometrisk sensor skulle kunna användas för att bedöma beståndstätheten inom fältet. Ju tätare bestånd desto bättre konkurrerar grödan med ogräset, vilket ger mindre bekämpningsbehov. Utifrån en bestämd medeldos skulle mängden bekämpningsmedel kunna varieras beroende på beståndstätheten (Secher et al., 2000). I tät en gröda skulle dosen minskas p.g.a. ökad konkurrens och tvärtom där beståndet är glesare. Brukarens erfarenhet från tidigare år skulle också användas för att justera dosen. Spridningskartan blir då i tre skikt: en med en för gröda och allmänna förutsättningar anpassad medeldos, en med variation i dos efter beståndstäthet och en med lantbrukarens erfarenhet av tidigare års fläckar med mycket alternativt lite ogräs.

Ogräsbekämpning efter jordart

Vissa herbicider skall doseras efter jordart och mullhalt. Där finns en direkt möjlighet till varierad bekämpning efter markkartan. Det finns också en möjlighet att förekomsten av vissa ogräs varierar med jordart och mullhalt. I Danmark gjordes försök att med hjälp av variationen i markfaktorer beskriva variationen i ogräsförekomst på en sandjord med höstvet (Heisel et al., 1999). Ogräsfloran dominerades till 80 % av plister- och veronikaarter. Genom att ta hänsyn till variationen i markfaktorer vid framtagning av en ogräskarta förbättrades noggrannheten i den framtagna kartan med mellan 11 och 21 %. Man fann dock endast svaga samband mellan ogräsförekomst och markfaktorer. Bäst samband ($R^2 = 0,3$) erhöles mellan förekomsten av plister och moinehållet i marken. Det fanns inga signifikanta samband mellan total ogräsförekomst och olika markparametrar.

I tyska undersökningar konstaterades samband mellan vissa markfaktorer och olika ogräsarter (Nordmayer et al., 1999). Två fält undersöktes. Åkerviol visade sig förekomma i större

omfattning där det var bättre magnesiumförekomst. Vitgröe fanns i mindre omfattning ju större lerhalt samt magnesium- och kaliumtal det var i marken, samt ju större förekomsten var av kväve och organiskt kol. Eventuellt kan man med hjälp av markkartan således ta fram områden på enskilda fält där en stor ogräsförekomst är trolig.

Jordbearbetning

Det har inte funnits så stort intresse i Sverige inom detta område av precisionsodlingen hittills. En orsak kan vara att maskinkostnaderna är förhållandevis låga idag. Därmed är möjligheten att spara pengar med olika åtgärder relativt begränsade. En annan orsak är att många redan varierar jordbearbetningen inom ett skifte manuellt om det finns behov. Föraren kan ofta avgöra visuellt under körning om vissa delar av ett fält behöver harvas fler gånger än resten av skiftet.

Försök har gjorts att bedöma markpackning genom att mäta dragkraften i dragbommen på plogen (Karlsson, 1997). Resultatet blev dock svårtolkat, eftersom motståndet inte bara varierar beroende på packningsförhållandena. Markfuktigheten hade också mycket stor betydelse.

Litteratur

- Algerbo, P.A. & Ehlert, D. 2000. Evaluation of yield sensing systems for potato harvesters. Proceedings of the Fifth International Conference on Precision Agriculture, Minnesota, USA.
- Algerbo, P-A. & Thylén, L. 1998. Växtanpassad odling - tillämpningar inom dagens lantbruk. JTI. Teknik för lantbruk. nr 69.
- Algerbo, P-A. & Thylén, L. 2000. Utveckling av on-line proteinsensor för skördetröskor. JTI-rapport. Lantbruk & Industri. 273.
- Auernhammer, H., Demmel, M. & Pirro, P. 1996. Lokale Ertragsermittlung mit dem Feldhäcksler. Landtechnik. Nr 3. 1996.
- Bjerre, K. D., Jörgensen, L. N. & Secher, B. J. M. 1998. Sygdomskort og positionsbestemt fungicidanvendelse. DJF Rapport nr 3. 131-144.
- Bjerre, K. D. 1999. Disease maps and site-specific fungicide application in winter wheat. Precision Agriculture 99. Vol 1. 495-504.
- Brenk, C., Pasda, G. & Zerulla, W. 1999. Nutrient mapping of soils - a suitable basis for site-specific fertilisation? Precision Agriculture 99. Vol 1. 49 - 59.
- Browén, A. 1995. Fjärranalys för växtnäringsstyrning. JTI - rapport 209.
- Börjesson, T., Stenberg, B., Lindén, B. & Jonsson, A. 1999. NIR spectroscopy, mineral nitrogen analysis and soil incubations for the prediction of crop uptake of nitrogen during the growing season. Pt and Soil. 214. 75 - 83.
- Christensen, S & Walter, A. M. 2000. Knowledge and technology for site specific weed management. DJF-rapport nr 24. 15 - 24.
- Christensen, S. & Heisel, T. 1998. Digitalt kamerasystem til detektion av ukrudt. DJF-rapport nr 3 1998. 161 - 171.
- Dawson, C. J. 1997. Management for spatial variability. Precision Agriculture 1997. Vol. 1. 45 - 58.
- Delin, S. & Lindén, B. 2000. Within-field variations in plant-available soil nitrogen - possibilities to predict and impact on optimum nitrogen fertilization.
- Delin, S. 2000. Hantering av geografiska data inom ett jordbruksfält. Kurskompendium. Precisionsodling i Väst. Teknisk rapport 4.
- Ebelin, A. 1998. Skördekartering av sockerbetor, praktisk provning 1998.
- Ebelin, A. 2000. Kontinuerlig jordhaltsmätning på betor i betupptagare 1999.
- Ehlert, D. & Jüschnik, P. 1997. Technics for determining heterogeneity for precision agriculture. Precision Agriculture 97. Vol II. 627-634.
- Elsnab Olesen, S. 1997. Positionsbestemt dyrkning - Forskningsprojekt vedr. gradueret plantedyrkning 1992 - 1996. SP Rapport nr. 17. Augusti 1997.

- Engquist, A. 1996. Weed detection with image analysis. Reports of the Finnish Geodetic Institute 96:4. Remote Sensing in Agriculture, Proceedings, NJF seminar held at Finnish Agricultural Research center Jokioinen Finland October 21 - 23 (eds. Risto Kuittinen), 82 - 87.
- Engqvist, A., Wretblad, P., Enfält, P., Bengtsson, P., & Andersson, S. 1999. Teknik för platsspecifik bekämpning. Precisionsodling 98 – Seminarium och utställning i Skara den 10 mars 1998. Precisionsodling i Väst. Teknisk Rapport 3. 44-49.
- Eriksson, K. & Niklasson, M. 1998. Högre kväveutnyttjande genom växtplatsanpassad gödsling. JTI rapport nr 245. 1998.
- Evans, E. J., Shiel, R. S. & Mohamed, S. B. 1997. Optimisation of lime application to take account of within-field variation in pH and soil texture. Precision Agriculture 97. Vol 1. 103-110.
- Faurholt, E. 2000. Erfaringer med positionsbestemt planteskyttelse i praksis. DJF-rapport nr 24. 25 - 33.
- Gerhards, R., Sökefeld, M., Timmermann, C., Reichart, S., & Kuhbauch, W. 1999 Results of a four-year study on site-specific herbicide application. Precision Agriculture 99. Vol 2. 689 - 696.
- Griffin, S. J. 1999. Directed soil sampling as a means of increasing nutrient mapaccuracy using complementary precision farming data. Precision Agriculture 99. Vol 1. 141 - 149.
- Gustafsson, K. 1999a. Models for precision application of lime. Precision Agriculture 99. Vol 1. 175-180.
- Gustafsson, K. 1999b. Models for site specific application of phosphorus, potassium and lime. NJF nr 3. 83-87.
- Heisel, T., Christensen, S. & Walter, A. M. 1998. Weed maps and precision spraying. DJF-rapport nr 3 1998. 151 - 160.
- Heisel, T., Ersböhl, A. K. & Andreasen, C. 1999. Weed mapping with co-kriging using soil properties. Precision agriculture. Vol. 1 nr 1 January 1999. 39-52.
- Heisel, T., Christensen, S. & Walter, A. M. 1999. Whole field experiments with site-specific weed management. Precision Agriculture 99. Vol 2. 759 - 768.
- Karlsson, T. 1997. Stora skillnader i plogmotståndet. Artikel i Lantmannen r 5 1997. 36.
- Karlsson, T. 1997. Stora skillnader i plogmotståndet. Artikel i Lantmannen r 5 1997. 37.
- Kjellquist, T. 1999. Tag hjälp av kalksalpetermätaren i år. Växtpressen nr 1 1999. 8-9.
- Kravchenko, A. N. & Bullock, D. G. 1999. Spatial variability of grain yields as a function of topography and soil properties. Precision Agriculture 99. Vol 1. 441 - 450.
- Larsson, K. 1994. Bildbehandlingsteknik för sortering av potatis, Teknik för Landbruket 43, p. 7, JTI Uppsala, ISSN 0282-6674.
- Leake, A. R. 1997. An evaluation of soil mineral N, leaf chlorophyll status and crop canopy density on the yield of winter wheat. Precision Agriculture 97. Vol 1. 137 - 143.
- Lindén, B. 1999. Markbetingade orsaker till skördevariationer och möjligheter att beakta dessa genom plats specifika åtgärder. Precisionsodling 98 – Seminarium och utställning i Skara den 10 mars 1998. Precisionsodling i Väst. Teknisk Rapport 3. 19-24.
- Lindén, B. & Åfors, M., 1997. Forskning om precisionsodling vid Institut für Arbeitstechnik Bornim (ATB). Precisionsodling i Väst. Teknisk rapport nr 1. 4:1-9.
- Lindgren, L. 1998. Fältmetoder för bedömning av behovet av tilläggsgödsling med kväve till höst- och vårvete. Inst. för jordbruksvetenskap i Skara. SLU. Examensarbete nr 1.
- Magnusson, B. & Söderström, M. 1994. Combining Crop Growth Models and Geographical Information Systems for Agricultural Management. Acta. Agric. Scand. Sect. B. Soil and Plant Sci. 1994: 44. 65-74.
- Medema, D. J. & van Bergeijk, J. 2000. Spatial variability of sugar beet yield and quality in relation to several soil properties. Proceedings of the Fifth International Conference on Precision Agriculture, Minnesota, USA.
- Nissen, K. & Söderström, M. 1999. Mapping in precision farming – from the farmer's perspective. Precision Agriculture 99. Vol 1. 665-676.
- Nordmayer, H. & Dunker, M. 1999. Variable weed densities and soil properties in a weed mapping concept for pathy weed control. Precision Agriculture 99. Vol 1. 453 - 462.
- Persson, A. 1998. Potato yield mapping with an optical sensor. First International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry, Lake Buena Vista, Florida 1-3 June 1998.
- Pilesjö, P., Thylén, L. & Persson, A. 2000. Digital elevation models for delineation of agricultural management zones. Second International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry, Lake Buena Vista, Florida 10-12 January 2000.
- SJV. 2000. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2000. Sju Rapport 1999:26.
- Rydberg, A. & Söderström, M. 2000. Potential crop growth assessment from remotely sensed images compared to ordinary yield maps. Kommer att publiceras i Precision Agriculture. Proceedings of the 5th International Conference. 16-19 July 2000. Bloomington, MN.
- Schneider, S. M., Boydston, R. A., Han, S., Evans, R.G. & Campbell, R.H. 1997. Mapping of potato yield and quality. Precision Agriculture 97. Vol 1. 253-261
- Secher, B. J. M. 1998. Adjusting dosages according to canopy densities - a new concept for dosing fungicides

and insecticides. DJF-rapport nr.3 1998. 145 - 150.

Secher, B: J. M., Bjerre, K.D. & Seiró, M. 2000. Site specific control of pest and disease – a challenge and an opportunity. BCPC Conference – Pests & Diseases 2000. 607-614.

Stafford, J. F. 1999. An investigation into the within-field spatial variability of grain quality. Precision Agriculture 99. Vol 1. 353-361.

Stenberg, B., Jonsson, A. & Börjesson, T. 2000. Snabbmetoder för bestämning av lerhalt och kalkbehov med hjälp av NIR-analys. (Opublicerat)

Söderström, M. 2000. Fjärranalys med satelliter. Odalaren nr 1.

Taylor, J.C, Wood, G, A. & Thomas, G. 1997. Mapping yield potential with remote sensing. Precision Agriculture 97. Vol 2. 713-720.

The precision-farming guide for agriculturists. 1997.

Thomas, G., Taylor, J. C. & Mustill, T. 1999. The development of remote sensing based products in support of Precision Farming. Precision Agriculture 99. Vol 1. 191 - 200.

Thylén, L. & Algerbo, P. A. 1999. Grain quality variations within fields of malting barley. Precision Agriculture 99. Vol 1. 287-296.

Thylén, L. & Algerbo, P.-A. 1998. Teknik för växtanpassad odling - Sjöfartens korrektionssignal för DGPS - Spridningsteknik för platspecifik gödsling. Precisionsodling i väst. Teknisk Rapport 2.

Thylén, L. 1996. Anpassa odlingen till växtplatsen. JTI, Meddelande 452.

Walter, A, M., Heisel, T. & Christensen, S. 2000. Site specific herbicide application using injections sprayers. DJF-rapport nr 24. 35 - 44.

Vrindts, E., Baerdemaeker, J. & Ramon, H. 1999. Weed detection using canopy reflectance. Precision Agriculture 99. Vol 1. 257-264.

Personliga meddelanden

Henrik Andersson, LMB, Box 174, 201 21 Malmö.

Karsten Bjerre, Forskningscenter Risø, Frederiksborgsvej 399, DK – 4000 Roskilde.

Thomas Börjesson, Odal, Östra Hamnen, 531 87 Lidköping.

Anders Ebelin, Danisco Suger AB, 205 04 Malmö.

Anders Engquist, Institutionen för Lantbruksteknik, SLU, Box 7030, 750 07 Uppsala.

Torbjörn Ewaldz, Institutionen för växtskyddsvetenskap, SLU, Box 44, 230 53 Alnarp.

Kjell Gustavsson, Odal, Östra Hamnen, 531 87 Lidköping.

Karl-Arne Hedene, Jordbruksverket, Växtskyddscentralen, Box 224, 532 23 Skara.

Anders Jonsson, Odal, Östra Hamnen, 531 87 Lidköping / Institutionen för Jordbruksvetenskap vid SLU i Skara. Box 234, 532 23 Skara.

Christer Karlsson, Hydro Agri AB, Box 516 24 Landskrona.

Börje Lindén, Institutionen för Jordbruksvetenskap, SLU, Box 234, 532 23 Skara.

Knud Nissen, Odalmaskin/Agroväst, Östra Hamnen, 531 18 Lidköping

Henning Pedersen, JF-Fabriken, Lindeallé 7, postboks 180, DK-6400 Sønderborg, Danmark.

Sten Rodenstam, Partek Nordkalk AB, Lundavägen 151, 212 24 Malmö.

Mats Söderström, Odal, Östra Hamnen, 531 87 Lidköping.

Lars Thylén, JTI, Box 7033, 756 51 Uppsala.

Förteckning över utgivna rapporter i serien *Precisionsodling i Väst, Tekniska rapporter*:

1. Gustafsson, K., Jonsson, A., Klint, S., Lindén, B. Nissen, K., Roland, J., Sahlberg, P.-Å., Ströman, M., Thylén, L. & Åfors, M. 1998. Rapport från en studieresa till norra Tyskland. *Precisionsodling i Väst*.
2. Thylén, L. & Algerbo, P.-A. 1998. Teknik för växtplatsanpassad odling
-Sjöfartsverkets korrektionssignal för DGPS
-Spridningsteknik för platspecifik gödsling.
3. *Precisionsodling '98*. Seminarium och utställning i Skara den 10 mars 1998. Redovisning av föredrag avseende precisionsodlingens möjligheter, utveckling och problem. Red: Börje Lindén. Skara 1999.
4. Delin, S. 2000. Hantering av geografiska data inom ett jordbruksfält. Kurskompendium. Kurs i precisionsodling, 5 poäng.
5. Lundström, C, Delin, S. & Nissen, K. 2001. *Precisionsodling – teknik och möjligheter. Litteraturöversikt och lägesbeskrivnin.*

AGROVÄST-projektet *Precisionsodling i väst* går ut på att tillämpa ny teknik för att upptäcka de mycket stora skörde- och kvalitetskillnader som kan konstateras inom många åkerfält och anpassa odlingsåtgärderna till dessa.

I projektet undersöks inomfältvariationer i skördar och skörde kvalitet på ett antal gårdar i Västsverige. På fälten studeras även ojämnheter i markegenskaper och hur dessa samvarierar med avkastnings- och kvalitetsdata. Målet är att bygga upp gödslings- och kalkningsmodeller som beskriver hur gödsling och kalkning skall anpassas efter dessa variationer.

Projektet genomförs i ett samarbete mellan bl.a. ODAL, SLU Skara, Svalöf Weibull AB, Hydro Agri AB, ODAL Maskin AB, Nordkalk AB, JTI, Skaraborgs läns hushållningssällskap, Hallands läns hushållningssällskap och HBK Lantmän.

Distribution:

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för jordbruksvetenskap Skara

Box 234

532 23 Skara

Tel. 0511-670 00, fax 0511-67134, e-post: Lena.Ljunggren@jvsk.slu.se

Internet: <http://www.jvsk.slu.se>

<http://www.odal.se/odal/fou/precision/index.htm>