

På väg mot det nya jordbruket med satelliter, sensorer och GIS

Jordbrukets miljöpåverkan måste minska samtidigt som produktiviteten måste öka. Det är en svår ekvation att lösa. Nya typer av geodata och smart användning av satellitpositionering och geografiska informationssystem kan vara en del av lösningen. I den här texten beskrivs några hjälpmedel som tagits fram i ett utbildningspaket som lantbrukaren kan använda för att utvärdera hur det växer på olika delar av fältet och anpassa insatserna efter behovet på varje enskild plats. Målet är förbättrad hantering av åkermarken och optimerad resursanvändning vilket ska leda till ökade skördar av högre kvalitet samt mindre negativa miljöeffekter.

Övergödning av sjöar, vattendrag och hav anses för närvarande vara ett av de allvarligaste miljöproblemen i Sverige (tex Regeringen, 2009). Sverige har beslutat om ett antal långsiktiga miljökvalitetsmål med fokus på olika miljöproblem, av vilka eutrofiering är ett (Naturvårdsverket – www.naturvardsverket.se). Att minska läckaget från åkermarken av de för växtodling nödvändiga ämnena kväve (N) och fosfor (P) är en viktig komponent i arbetet. När det gäller Östersjön tror man att det är fosfor som i huvudsak ligger bakom algbloomning och syrebrist. Samtidigt drivs efterfrågan på livsmedel globalt sett på av en ökande befolkning. OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) och FAO

(Food and Agricultural Organization of the United Nations) gjorde nyligen bedömningen att skördarna per hektar måste öka för att vi ska klara matförsörjningen framöver (OECD-FAO, 2012). Man tror inte att det går att förlita sig på att tillräckligt mycket ny mark tas i produktion. En annan i sammanhanget relevant problemställning är att tillgången på fosfor som är lämpad för livsmedelsproduktion är begränsad. De totala reserverna av fosfatmalm är stora, men i många fall är tex innehållet av kadmium i malmen så högt att gödselmedlen inte bör användas orenade. Vissa forskare anför att produktionen av fosfor kommer att nå sin kulmen redan omkring 2035 (tex Cordell, 2010) för att sedan klinga av ("Peak Phosphorus"). Andra menar att det handlar om en betydligt längre tid innan detta sker. Oavsett vilket så kräver ovanstående att fosfortillförseln till åkermarken, vare sig det är i form av stallgödsel, slam eller mineralgödsel, blir så effektiv som möjligt, särskilt som överskott av fosfor i marken är en av de viktigaste orsakerna till P-läckage.

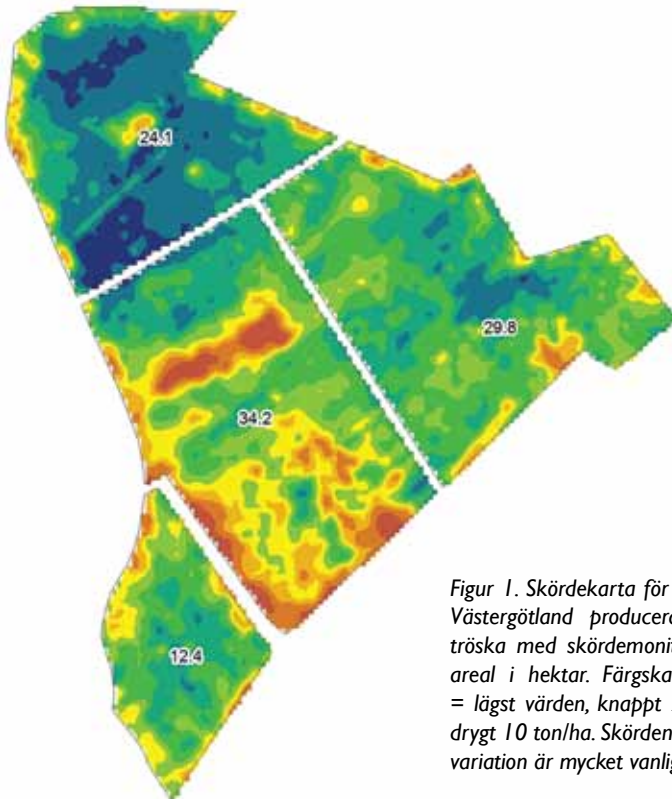
Variationerna i jordart påverkar vatten- och växtnäringsförhållandena i marken. Vattentillgången styr ofta mycket av inomfältvariationerna, men är samtidigt en i hög grad opåverkbar faktor, som övriga åtgärder måste anpassas till. Under nederbördsrika år kan vatten bli stående i svackor och lägre delar av fältet som kanske har

lerigare jordar, vilket ger syrebrist i marken och denitrifikation. Detta medför försämrad tillväxt för grödan och ökade växtnäringsförluster till hav och sjöar. År med låg nederbörd kan förhållandena vara omvända och de blötare områdena kan istället ge högre avkastning än omgivande fältdelar. Man har kunnat notera att skörden på fälten ofta varierar kraftigt. I mitten av nittioalet började man använda skördetröskor utrustade med GPS och system ("skördemonitorer") som successivt kunde mäta hur mycket spannmål som skördades. På det sättet kan man göra detaljerade kartor över hur skörden varierar på fälten (exempel i figur 1).

Kväve är det växtnäringsämne som har

störst påverkan på grödans tillväxt och kvalitet. Nettomineraliseringen av kväve (d.v.s. den mängd kväve som frigörs i marken och kommer grödan till godo) är en viktig faktor som varierar inom fält och mellan åren och detta påverkar skördenivån betydligt på den enskilda platsen. Variationen i pH, mullhalt, strukturskador, fosfor- och kaliumtillstånd m.m. på ett skifte kan också vara orsak till skördevariationer.

All åkermark läcker näringsämnen till sjöar och vattendrag. Dock sker ofta huvuddelen av de största förlusterna från en liten andel av marken, man talar ibland om så kallade *hotspots*, mindre områden där förhållandena är sådana att läckagerisken



Figur 1. Skördekartan för höstveten 2008 över gården Sjöröd, Västergötland producerad med data från GPS-utrustad tröskare med skördemonitor. Siffrorna anger respektive skiftes areal i hektar. Färgskalan betyder följande: orangebrunt = lägsta värden, knappt 2 ton/ha; mörkblå = högsta värden, drygt 10 ton/ha. Skörden var i medeltal 6,9 ton/ha. Liknande variation är mycket vanlig.

är stor (tex Heckrath m.fl., 2007). Det är inte ovanligt att 10% av ett avrinningsområde bidrar med 90% av förlusterna och att detta sker under 1% av tiden (Bergström m.fl., 2007). Även om flera faktorer samverkar så är primära faktorer markens P-innehåll kombinerat med P-gödslingen.

Greppa Näringen

Det största enskilda initiativet i Sverige för att minska förluster av näringsämnen till luft och vatten från lantbruket är *Greppa Näringen* (www.greppa.nu), ett fortbildnings- och rådgivningsprogram för att förbättra förvaltningen av gödselmedel på gårdar. Greppa Näringen genomförs i samverkan mellan Jordbruksverket, Länsstyrelserna, Lantbrukarnas riksförbund LRF och ett antal lantbruksföretag och fokuserar på att öka effektiviteten i hanteringen av näringsämnen genom ökad medvetenhet och kunskap. Jordbrukaren är i fokus och därför är kärnan i projektet utbildning och enskilda rådgivande besök på gården. Rådgivningen är organiserad i moduler i olika ämnesområden och ges av olika lokala rådgivare. Modulerna väljs fritt och är utan kostnad för jordbrukaren.

Precisionsodling

Nyligen utvecklades en ny modul inom Greppa med inriktning på *precisionsodling*. Precisionsodling har utvecklats under de senaste 15 åren och målet är platsspecifik hantering av åkermark och gröda (för en översikt se till exempel artikel i *Science* av Gebbers & Adamchuck (2010) eller *Precisionsskolan* på www.agrovast.se/

precision). Traditionellt tilldelas fälten en jämn giva av gödsel och andra insatsmedel enligt ett uppskattat medelbehov vilket betyder att vissa delar av fälten för mycket av till exempel P medan andra delar får för liten giva. Det förstnämnda leder till ökad risk för läckage medan det senare medför att skörden blir lägre och kvaliteten sämre än optimalt. Genom att använda ny teknik som satellitbaserade navigationssystem (GNSS – i dagligt tal GPS) och geografiska informationssystem (GIS) för att samla in, hantera och analysera fältdata (för att kunna mäta och hantera sådan variation som visas i kartan i Figur 1), är målet att spara pengar och minimera miljöpåverkan genom korrekta åtgärder i tid och rum (Figur 2). Behovet och lösningarna är principiellt desamma för både ekologiskt och konventionellt jordbruket. Under senare år har många tekniska lösningar tagits fram som fungerar bra och som är lönsamma att investera i. Det har gjort att användningen av den här tekniken blivit alltmer vanlig. Under de senaste åren har man t ex haft en kraftig försäljningsökning av utrustning för automatisk styrning av maskiner med RTK-GPS, det vill säga satellitpositionering med cm-noggrannhet, vilket bland annat minskar förbrukningen av drivmedel samt växtskydds- och gödselmedel.

Fortbildningsmaterial

Det är tänkt att Precisionsodlingsmodulen i Greppa ska kunna användas av de som åtminstone gjort en markkartering över sin gård där jordproverna fastställts med GPS (Figur 2). Syftet med modulen är att den enskilde lantbrukaren ska kunna

Kort om precisionsodling

- ❑ Utvecklats de senaste 15 åren
- ❑ Ofta stor inomfältvariation i skörd (+/- 50%) och markegenskaper (näringsämnen o jordarter)
- ❑ Tillämpning av GNSS och GIS är grunden
- ❑ Mer lättanvända och billiga, anpassade lösningar tillgängliga
- ❑ Just nu är maskinstyrning "hett" (autostyr + RTK GPS)

Två sätt att variera gödsling inom fält

1 Mätning → Beräkning → Spridning
Nära fjärranalys med Yara N-Sensor för anpassad kvävegödsling *on-the-go*

2 Behovskarta → Spridning
Styrning från styrfil (GIS-kartlager) – lämpligt för fosfor, kalium, kalk

Mer ovanligt: Skördekartering

Mkt vanligt: Jordanalyser, Jordprov, Kartor, Märkkartering

Figur 2. Några principer och metoder inom precisionsodlingen. Skördekartering är inte så vanligt, men flera hundra tröskor har trots allt sådan utrustning. Jordprovtagning med GPS-positionering av proverna är mycket vanligt inom det som kallas märkkartering. Detta bekostas av jordbrukaren. Varierad spridning av kväve bestäms i huvudsak av hur grödan ser ut med sensorer monterade på traktorns tak, medan behovet av fosfor, kalium och kalk görs med märkkarteringens analyser. En digital behovskarta kan då användas för att automatiskt reglera spridningen när den GPS-utrustade traktorn kör över fältet.

1. bedöma variationen på sin egen gård, och
2. öka precisionen i användningen av kväve, fosfor, kalium och kalk.

Dessutom ska hon eller han kunna göra en ekonomisk kalkyl över eventuella vinster i att använda precisionsodling jämfört med hur odlingen sker idag. I fortbildningspaketet ingår att rådgivaren förbereder sig och gör i ordning data och kartor för den aktuella gården. Sedan

sker gårdsbesöket där rådgivaren gemensamt med lantbrukaren diskuterar kartor, använder kalkyler och går igenom olika lösningar för gården. Vare sig rådgivaren eller lantbrukaren kan förväntas ha avancerade GIS-program eller kunskap i att hantera geografiska data. I stället utvecklades några relativt lättanvända hjälpmedel som kan laddas ned kostnadsfritt från webben, och som utför ganska knepiga analyser av data utan att användaren behöver djupare kunskap om GIS.



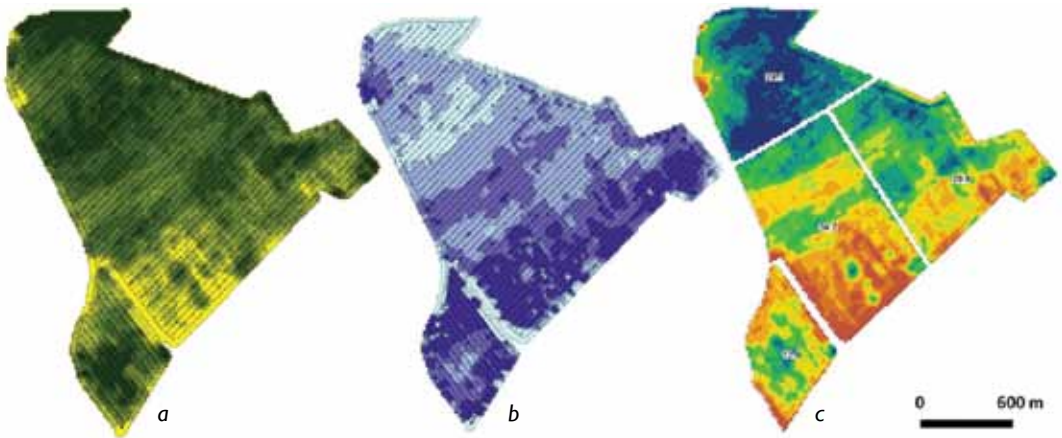
Figur 3. Två olika hjälpmedel togs fram: 1) Vegetationsindexkartor från satellitbilder som beskriver variationen likt skördekartor, och 2) En kalkyl i MS Excel + ett automatiskt kartprogram (PWiz-GE) som räknar ut behov och genererar variationskartor. Visning kan göras i Google Earth.

Vegetationsindex från satellit

Det bästa hjälpmedlet för att få en uppfattning om skördevariation är skördekartor som den i Figur 1. Eftersom inte alla gårdar har sådana utnyttjade vi här i stället satellitbilder som ersättning. Vi genererade en uppsättning satellitbaserade kartor över Götalands och Svealands åkermark som visar ett vegetationsindex, NDVI (*normalized difference vegetation index*, se t ex Lillesand *et al*, 2004) och tog fram ett enkelt datorprogram (NDVI-GE) som kan ta fram nya sådana kartor (Figur 3). Utgångspunkten var fritt tillgängliga satellitbilder i *Saccess*, den nationella satellitbildsdata-basen (www.lantmateriet.se/saccess) och användaren kan visa NDVI-kartorna i Google Earth (earth.google.com). Den primära användningen av NDVI-kartorna är att tjäna som ett medel för diskussion om grödornas inomfältvariation, och ge ett kvantitativt mått på variationen i fälten, även om det bara är en bild med relativa värden. I Figur 4 visas tre kartor över samma fält som skördekartan från augusti 2008 som visas i

Figur 1. Kartorna i Figur 4 är också från 2008. Dels är det kartor på biomassa och beräknat kvävebehov från Yara N-Sensor, som mäter från traktortaket (se Figur 2), och dels är det NDVI från en satellitbild (SPOT). N-Sensormätningen gjordes i mitten av maj medan satellitbilden är från början av juni. I det här fallet är det tydligt att skördevariationen gick att avläsa tidigt på säsongen, och det är ett ganska vanligt fenomen även om så inte alltid är fallet. Beroende på väder och förändringar i t ex kväveminerisering i marken kan påtagliga förändringar ske vissa år. Initialt skapades en uppsättning NDVI-kartor från i huvudsak senare delen av maj till början av juli 2009, vilka täckte större delen av södra Sveriges åkermark. För att man ska rådgivaren ska kunna ta fram nya NDVI-kartor från *Saccess*-data gjordes dessutom ett mycket enkelt datorprogram som kan laddas ned utan kostnad, NDVI-GE.

NDVI-kartorna och programmet är fritt även för andra användare och kan hämtas från: www.agrovast.se/precision/ndvi/. Hur man använder NDVI-GE visas i Figur 5.



Figur 4. Sjöryd, Västra Götaland. Variationskartor att jämföra med skördekartan i Figur 1. Grödan är höstvetete och året 2008. a) Biomassa, Yara N-Sensor (se Figur 2), 2008-05-15 (mörkgrönt = högst; gult = lägst); b) Kvävebehov, Yara N-Sensor 2008-05-15 (mörkblått = högst; ljusblått = lägst); c) NDVI, Spot, 2008-06-04 (orangebrunt = lägst värden; mörkblå = högst värden. Siffror anger areal i hektar).

Gödslingskartor i Google Earth

PWiz-GE (PWiz är en förkortning av PrecisionWizard) utvecklades för att jordbruksrådgivaren och lantbrukaren enkelt skulle kunna ta fram kartor som visar hur behovet av främst fosfor, kalium och kalk varierar på fälten. Programmet är enkelt och är uppbyggt på samma sätt som det ovan beskrivna NDVI-GE. Det består av en enda meny där en fil med jordanalysvärden från markkarteringen är det som krävs. Denna fil ska dessutom innehålla kolumner med fosfor-, kalium- och kalkbehov. I Precisionsodlingsmodulen i Greppa Näringen är det tänkt att man ska använda "Precisionskalkylen" som är en Excelkalkyl i kombination med PWiz-GE. PWiz-GE och Precisionskalkylen kan hämtas på www.agrovast.se/precision/greppa under Ekonomi, kalkyler. Precisionskalkylen ger möjlighet att få en ekonomisk utvärdering av varierad

gödsling jämfört med medelgödsling på den egna gården och samtidigt genereras automatiskt beräkningar av P-, K- och kalkbehov. Därefter sparas analysvärden och behovsberäkningar och PWiz-GE används sedan för att göra kartor som visas i Google Earth (Figur 6).

För den som vill gå vidare och verkligen styra sin gödselspridare med kartorna finns ytterligare gratisverktyg som man hämta. De flesta moderna spridare kan användas.

Sammanfattning

Precisionsodlingstekniken började komma för mer än 15 år sedan. Att införa ny teknik och nytt tänkande tar tid. Det är alltid lättare att göra som man brukar än att ta till sig nya metoder. Ny teknik har alltid många barnsjukdomar och det är ofta endast de mest entusiastiska som orkar med krånglande apparater och glappande kablar. Praktiskt jordbruk är en krävande

Nedladdning av satellitbild från Success (access.lantmateriet.se).
Välj:
- Ortorektifierad bild (alla band)
- Koordinatsystem Sweref99TM
- Filformat Geotiff

Nedladdad satellitbild anges i ruta 1
Ange datum då bilden togs i ruta 2

Nedladdning av länskarta över åkermark (tiffformat i Sweref99TM) från www.aarovast.se/precision/ndvi
Åkermarkskartan anges i ruta 3

Ange plats där du vill att NDVI-filererna ska lagras i ruta 4

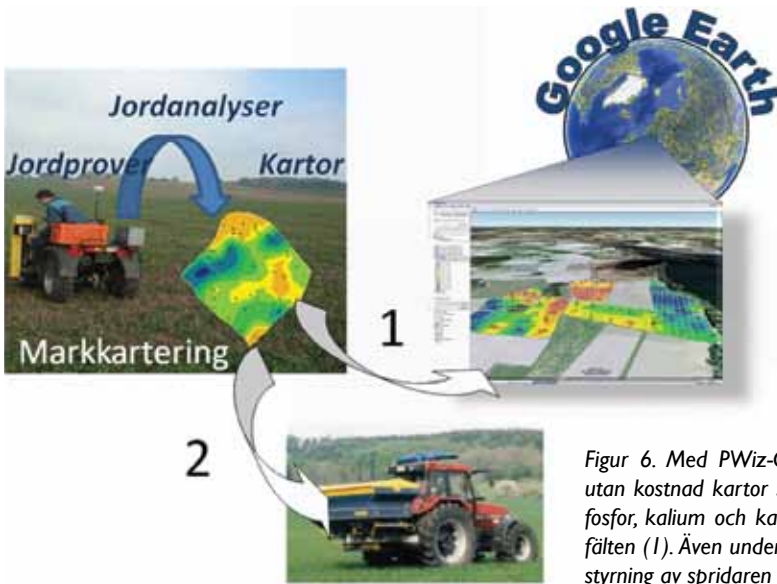
Filer och mappar som kommer att skapas i utdatamappen som anges i ruta 4 när man klickar på Starta.

Det tar ganska lång tid (flera minuter) att köra programmet. Tiden beror på datorns kapacitet och satellitbildens storlek.

Visa NDVI-kartan genom att öppna filen doc.kml (som finns i utdatamappen) i Google Earth

1) Ange satellitbild (i Sweref99 TM) [Klicka]
2) Ange datum för satellitbild (t ex 20110624)
3) Ange länsmatris (i ruta 3) Sweref99 TM [Klicka]
4) Ange plats för utdata [Klicka]
 Skapa endast en generaliserad WF-bild
[Ok] **NDVI-GE** [Starta]

Figur 5. Användarhandledning NDVI-GE



Figur 6. Med PWiz-GE skapar man lätt och utan kostnad kartor som visar hur behovet av fosfor, kalium och kalk varierar inom de egna fälten (1). Även underlag för att gå vidare med styrning av spridaren tas fram (2).

miljö, med fukt, buller, vibrationer och många beslut måste fattas snabbt. Tekniska lösningar måste vara enkla och robusta. Tillämpningen av precisionsodling är en viktig del i att minska jordbrukets miljöpåverkan. Generella åtgärder som smetas ut på all åkerareal har ofta begränsad effekt. Störst nytta får man om man hittar problemytor och anpassar odlingen efter förhållandena. Greppa Näringen är ett rådgivnings- och fortbildningsprogram som har fått ett stort genomslag i svenskt lantbruk. Den nya Precisionsodlingsmodulen innehåller enkla verktyg som gör avancerade GIS-analyser där det är möjligt att både titta på satellitbilder och interpolerade gödslingskartor över den egna gården. Med de enkla GIS-verktygen som kan laddas ned och användas utan kostnad för alla är förhoppningen att den tillämpade precisionsodlingen kan få en skjuts. Förutom

inom Greppa Näringen används verktygen på precisionsodlingskurser på naturbruksgymnasier och universitet.

Referenser

- Cordell, D. 2010. *The Story of Phosphorus*. Linköping Studies in Arts and Sciences, No. 509. Doktorsavhandling, Linköpings universitet, 220 s.
- Bergström, L., Djodjic, F., Kirchmann, H., Nilsson, I. Ulén, B. 2007. *Phosphorus from farmland to water – status, flows and preventive measures in a Nordic perspective*. FOOD21 report 4/2007, 63 s
- Gebbers, R. & Adamchuck, V.I., 2010. *Precision Agriculture and Food Security*. Science, 327, 828–831. DOI: 10.1126/science.1183899
- Heckrath, G., Bechmann, M., Ekholm, P., Ulén, B., Djodjic, F., Andersen, H.E. 2007. *Review of indexing tools for identifying high risk areas of phosphorus loss in Nordic catchments*. J. Hydrol., 349, 68–87

- Jordbruksverket, 2008. *Växtnäringsbalanser och kväveutlakning på gårdar i Greppa Näringen åren 2000–2006*. Rapport 2008:25, 95 s.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2004). *Remote Sensing and Image Interpretation*. Fifth Edition. Wiley, 763 s.
- OECD/FAO, 2012. OECD-FAO Agricultural Outlook 2012, OECD Publishing, doi: 10.1787/agr_outlook-2012-en
- Regeringen, 2009. *Svenska miljömål – för ett effektivare miljöarbete*. Regeringens proposition 2009/10:155. 248 s.
- Dessutom förekommer några weblänkar i den löpande texten.
- Precisionsodlingsmodulen utvecklades av Mats Söderström, SLU, Knud Nissen, Lantmännen och Henrik Stadig.

Mats Söderström är FD i naturgeografi och forskar vid Sveriges lantbruksuniversitet i Skara Mejl: mats.soderstrom@slu.se