JTI-rapport
Lantbruk & Industri
296

Kvalitetssortering av spannmål på gårdsnivå

Sorting grain by quality on farm level

Anders Edling

© JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik 2002
Enligt lagen om upphovsrätt är det förbjudet
att utan skriftligt tillstånd från copyrightinnehavaren
helt eller delvis mångfaldiga detta arbete.

ISSN 1401-4963

Innehåll

Innehåll ... 3
Förord ... 5
Sammanfattning ... 7
Summary ... 8
Inledning ... 9
Syfte ... 9
Litteraturstudie ... 9
Spannmålskvalitet ... 9
Fysikalisk beskaffenhet ... 10
Sammansättning ... 10
Proteinhalt ... 11
Prissättning ... 12
Växtplatsanpassad odling ... 12
NIR och NIT ... 14
Proteinsensor ... 15
Mätosäkerhet ... 17
Material och Metoder ... 17
Proteinsensor ... 17
Funktion ... 17
Kalibrering ... 20
Mätosäkerhet ... 20
System ... 20
Vagn ... 20
Tork ... 21
Ekonomi ... 23
Resultat ... 25
Höstvete ... 25
Vägstyrelsen ... 26
Vårvete ... 27
Korn ... 28
Kalibrering ... 29
Sensorns mätosäkerhet ... 30
Ekonomi ... 30
Diskussion ... 31
Slutsatser ... 34
Referenser ... 34

Förord

I takt med att kraven från processindustrin ökar på en jämn och god produktkvalitet samt att lönsamheten för lantbrukarna försämras, måste alternativa vägar sökas för att kunderna ska kunna erbjudas önskvärda partier. Att kunna erbjuda spannmålshandlarna från början kända partier ökar möjligheten för lantbrukarna att öka sin lönsamhet. Med hjälp av infraröd optisk teknik kan parametrarna som styr kvaliteten hos spannmål mätas och det är möjligt att sortera spannmålen efter dess proteinhalt. I detta projekt har proteinhalten mätts på spannmål efter tork på två gårdsanläggningar för att följa variationer i proteinhalt vid inlagring.

Föreliggande rapport redovisar resultat erhållna i studien. Projektet har genomförts av Anders Edling som ett examensarbete inom agronomprogrammet. Examinator har varit Sigurd Regnér vid institutionen för lantbruksteknik, SLU, medan Mikael Gilbertsson och Lars Thylén vid JTI har varit handledare.

Till alla som bidragit till projektets genomförande framför JTI ett varmt tack.

Uppsala i februari, 2002

Lennart Nelson
Chef för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Sammanfattning

Inom ett fält varierar spannmålskärnornas proteinhalt normalt väsentligt. Både förädlingsindustrin och spannmålshandeln kommer troligen att öka kraven på en jämn och god kvalitet i spannmål för att inte göra kvalitetsavdrag. För att lantbrukare ska kunna maximera inkomsten från varje enskilt fält eller från en hel gård är det intressant att kunna skilja ut de delar av spannmålsskörden som är mer värdefulla än andra. Spannmålsmottagningarna är intresserade av att förskjuta lagringen från egna lager till gårdarna. Detta ger lantbrukaren möjlighet att själv kvalitetssortera sin spannmål och därmed få möjlighet till mer inkomster utöver ersättning för lagring. Syftet med detta examensarbete var att undersöka kvalitetsvariationer vid inlagring av spannmål på en specifik gårdsanläggning. Utifrån insamlade data analyserades möjligheten att sortera spannmål i olika kvalitetsklasser och om detta kan vara ekonomiskt försvarbart.

För att mäta protein- och vattenhalt på den undersökta spannmålen användes ett NIT-instrument (Near Infrared Transmittance). Spannmålen togs ut i toppen på elevatorn som förde undan torr spannmål efter torken. Instrumentet mäter 14 våglängder i det nära infraröda området (893-1045 nm). Utifrån förhållandet mellan dessa våglängder samt kärnornas och instrumentets temperatur beräknas protein- och vattenhalten. Nackdelarna med att använda NIT-tekniken är den stora initialkostnaden för utrustningen och arbetet med att underhålla kalibreringen av instrumenten. Ett rättvist mätvärde kan endast fås för prov som har likvärdig fysikalisk och kemisk sammansättning som de prov som användes vid kalibreringen. Trots kalibreringsarbetet har instrumentet många fördelar gentemot referensmetoder utförda på laboratorium: Den korta analystiden (ofta mindre än en minut) och enkelheten (inga mätvätskor eller förmalning av proverna krävs).

Den stora fördelen med proteinmätning är vetskapen om vilken proteinhalt spannmålen har i behållarna. Vet lantbrukaren vilken kvalitet som finns i silon kan detta användas för att förhandla om priset med handlaren. Spannmålen behöver inte tas in till egen mottagningsstation för bestämning av proteinhalt och eventuell blandning med andra kvaliteter. Spannmålen kan istället köras direkt till kund. Processindustrin kommer, i större uträckning än idag, att vilja ha homogena partier av en viss sammansättning och kommer antagligen att vara villig att betala för sådana. Detta möjliggör blandning av spannmål från flera silos på samma gård eller från olika gårdar för att uppnå önskad sammansättning. Blandning sker redan idag på spannmålsmottagningarna men med kunskapen om spannmålens kvalitet i lantbrukarnas silos skulle spannmål i ökad utsträckning kunna levereras direkt till förädlingsledet utan att passera spannmålshandelns lager. Detta skulle sänka kostnaderna för spannmålshanteringen betydligt.

Mätningar på Kvarnbo gård visade att proteinhalten hos vete hade en standardavvikelse på 0,6 % efter torken. Korn odlat på Bjertorps Egendom hade en standardavvikelse på 1,15 %. Dessa variationer är tillräckliga för att det skall gå att sortera spannmålen i olika kvalitetsfraktioner. Det är praktiskt möjligt att sortera spannmålen antingen på tröskan eller efter torken. Att utföra sorteringen på tröskan kan ge större effekt eftersom variationen är störst i fält men det skulle medföra sänkt kapacitet på tröskan. Att sortera efter torken är lättare och dessutom kan vattenhalten hos den torkade spannmålen användas för att styra torken på ett mer exakt sätt. Hur många olika partier som bör sorteras fram beror på prisbilden, proteinhalt och hur proteinhalten varierat.

Summary

Since the infield variation of protein content is substantial, it is interesting to separate the parts of the harvest into high and low quality to be able to increase income from a farm. In combination with the desire among purchasers of grain to dislocate the storage of grain to farmers, it gives a possibility to sort and store the grain at farms and thereby achieve a premium for storage as well as for higher quality. Demands on high and uniform quality in grain will increase from the purchasers and in turn from the agricultural processing industries. The purpose of this report was to study the variations in quality when drying and storing grain. Out of these variations the possibility to sort grain into different classes of quality was examined. The economical impact of sorting was also examined.

A NIT-instrument (Near infrared transmittance) was used to measure protein and water content in grain and was placed after the grain drier. The instrument uses 14 wavelengths and light energy that enters the sample is scattered and absorbed within the sample. The instrument converts the amount of light energy passed through the sample to determine the product's constituent concentrations.

The biggest benefit of measuring the protein content is the knowledge of the content in different silos. This information can be used to negotiate with purchasers. Since the grain then can be transported directly to customers it should be able to obtain a higher price since this will cut transport costs for the byers. The moisture content can be used for better prediction of when grain is properly dried, which can save large amounts of energy for the farmer.

The results show that it is possible to sort grain. This can be implemented at the combine harvester or after the grain drier. Since the variation of protein content is larger within the field, the operation is easier to carry out on the combine but that will lower the combine's performance. Sorting grain after the drier could be run automatically and therefore easier and the moisture content could be integrated with the control of the drier. How many different fractions the grain should be sorted in depends on the prices and the distribution and average level of protein.

Inledning

Fallande produktpriser i kombination med stigande priser på insatsvaror ger en försämrad ekonomi för lantbrukarna. En produktion med höga kostnader har svårt att konkurrera med bulkvaror på världsmarknaden. Då utgifterna är svåra att ytterligare skära i måste alternativa vägar till lönsamhet sökas.

Kraven på en jämn och god kvalitet i spannmål för maximal betalning kommer troligen att öka från inköparna. För att kunna optimera inkomsten från varje enskilt fält eller från en hel gård är det intressant att kunna skilja ut de delar av spannmålsskörden som är mer värdefulla än andra. Detta gäller främst för maltkorn och brödvete. I brödsäd är det i första hand proteinhalten och falltalet som avgör värdet. Spannmål hanteras i stora volymer med den nackdelen att en kvalitetssänkning i en del av ett stort parti kan sänka hela partiets värde (Algerbo & Thylén, 2000). Genom att i ett tidigt stadium veta en produkts kvalitet ökar möjligheten att hantera den på bästa sätt.

Spannmålsmottagningarna är intresserade av att förskjuta lagringen från egna lager ut till gårdarna. Lagring på gården ger lantbrukaren möjlighet att själv kvalitetssortera sin spannmål och därmed få möjlighet till merbetalning utöver ersättning för lagring. Allt fler lantbrukare väljer därför att lagra och torka sin spannmål själv, vilket innebär en naturlig effektivisering av verksamheten och en investering för att få ett lönsammare jordbruk.

Vid mätning med ett NIT-instrument (Near Infrared Transmittance) kan både spannmålens proteinhalt och dess vattenhalt erhållas. Kontinuerlig information om den torkade spannmålens vattenhalt kan integreras med torkens styrning. Detta kan ge ett mycket bättre underlag för att avgöra när önskad slutvattenhalt har erhållits. Att inte övertorka spannmålen skulle spara stora mängder energi varje säsong, vilket också bidrar till ökad lönsamhet för jordbrukaren.

Syfte

Syftet med examensarbetet var att studera kvalitetsvariationer vid inlagring av spannmål på en gårdsanläggning. Utifrån dessa mätningar undersöktes om det var möjligt att sortera spannmål i olika kvalitetsklasser och de ekonomiska förutsättningarna för detta.

Litteraturstudie

Spannmålskvalitet

Kvalitet är en generell term för olika parametrar där dess exakta innebörd bestäms av den slutgiltiga användarens krav, exempelvis mjölnaren (Krischik et al., 1990). Parametrarna skiljer sig åt väsentligt, beroende på att kraven på spannmål som skall användas som människoföda har andra specifikationer än den spannmål som går till djurfoder. Spannmålens kvalitet kan indelas i två baskategorier, fysikalisk beskaffenhet och sammansättning, se bild 1.

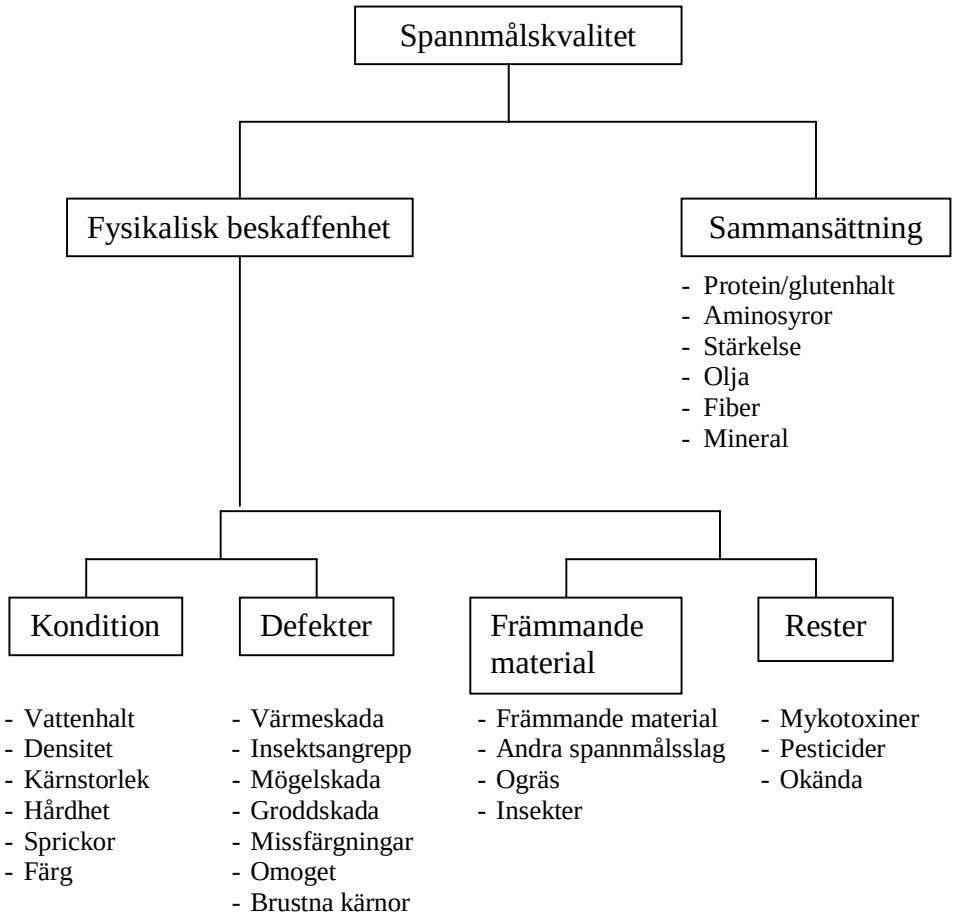

Bild 1. Olika aspekter på kvalitet hos spannmål (Efter Krischik et al., 1990).

Fysikalisk beskaffenhet

Vanligtvis används lukt, smak och utseende för att bedöma den fysikaliska kvaliteten hos spannmål. Det är ofta rent handarbete som ligger bakom analyserna, vilket sker genom att mäta och väga spannmålen, räkna andelen främmande spannmålsslag samt visuellt bedöma omfattning av skadeangrepp och missfärgningar. Mätutrustning baserad på bildanalys kan dock delvis ersätta de manuella analyserna (Styf, 2001, pers. medd.).

Sammansättning

Trots betydelsen av spannmålens kvalitet för slutanvändarna, används inte alltid produktens kvalitet som ett försäljningsargument. Orsaker till detta är att det saknas snabba och säkra analysmetodiker samt att kostnaderna för analysinstrument är höga (Krischik et al., 1990). Proteinhalten och falltalet i brödvete och proteinhalten hos maltkorn är två undantag eftersom de direkt påverkar marknadsvärdet. Kärnans proteinhalt står i direkt proportion till det jästa brödets volym och brödets inre struktur (Dahlstedt, 1991). Av alla proteiner i kärnan utgörs 80 % av gluten, det vill säga det protein som ger degen dess seghet. Vid blandning med vatten bildar gluten en seg och elastisk massa som under gräddning stelnar och ger brödet en stomme. Vattnet från proteinet avges då till stärkelsen som förklistras. När all stärkelse är förklistrad är brödet färdiggräddat (Sahlén, 1997).

Falltalet anger spannmålens värde för bakning genom att ge ett mått på den så kallade förklistringsförmågan hos stärkelsen (Dahlstedt, 1991). Förklistringsförmågan styr hur mycket av den koldioxidgas som bildas under jäsningen som kan stängas inne. Ju mer gas som kan hållas kvar inuti brödet, desto luftigare blir det. Falltalet bestäms genom att mäta tiden det tar för en stav att sjunka i en uppvärmd mjölvattenblandning (Swanberg, 2001, pers. medd.). Enzymet amylas bryter ner stärkelsen till kortare kedjor som senare används för tillväxt av grodden. En låg amylasaktivitet ger ett högt falltal och innebär att nedbrytningen av stärkelsen inte pågått under en längre tid, till skillnad från fältgrodda kärnor. Trots att falltalet används för att bestämma stärkelsens kvalitet inverkar också proteininnehållet på falltalet. Proteinerna kan nämligen binda vatten i den uppslammade lösningen, vilket bidrar till en segare konsistens och därigenom ökat falltal (Swanberg, 2001, pers. medd.).

Proteinhalt

Normalt varierar proteinhalten i fält mellan 10 och 14 % och påverkas av följande faktorer (Efter Weidow, 1998):

- Art — Vårvete är den art som har högst proteinhalt.
- Sort — Sortskillnader kan uppgå till 1,5 %.
- Kvävegödsling — Proteinhalten i kärnan stiger med ökad kvävetillgång.
- Mullhalt — Jordar med hög mullhalt kan leverera mer kväve vilket ger högre proteinhalt i kärnan.
- Skördenivå — Vid hög avkastning blir proteinhalten i kärnan ofta lägre.
- Vall i växtföljden — 0,3 - 0,7 procentenheter högre proteinhalt är vanligt i växtföljder med vall.

Tillförsel av kväve sker dels via gödselmedel, dels genom nedbrytning av markens organiska material. Kväve ingår som en byggsten i protein och 80 % av det kväve som används för proteinsyntes upptas fram till blomningen. Kvävet som tas upp av växten skall räcka till både bildandet av protein i kärnan och till att ge en hög avkastning. Vid hög avkastning blir ofta proteinhalten i kärnan lägre eftersom totalmängden kväve inte räcker till. Organogena jordar som genom en högre mineralisering kan leverera mer kväve än andra jordarter stimulerar en hög proteinhalt i kärnan (Weidow, 1998).

Svenska försök med maltkorn åren 1995 och 1996 visade att skörden var negativt korrelerad med proteinhalten, men positivt korrelerad med tusenkornvikten. Proteinhalten var också negativt korrelerad med tusenkornvikten. Områden med hög skörd hade alltså låg proteinhalt och hög tusenkornvikt (Thylén & Algerbo, 1999). Därför skulle det kunna vara möjligt att sortera maltkorn efter en av dessa kvalitetsparametrar och samtidigt uppfylla kraven på de andra. Sortering av maltkorn skulle kunna göras direkt på tröskan eller vid torken hemma på gården (Lundström, et al., 2001). I England undersöktes kvalitetsvariationen i höstkorn under fyra år. 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 fältet (Stafford, 1999).

Prissättning

Grundpriset på spannmål baseras i första hand på världsmarknadspriset, interventionslagret och valutan. Dessutom spelar handelshinder i form av tullar och kvoter, WTO-förhandlingar och EU:s jordbrukspolitik en stor roll. Lokalt är transportavstånd och vädret viktiga faktorer. Därutöver sker det en individuell prisreglering beroende på råvarans kvalitet i form av proteinhalt, falltal, vattenhalt, rymdvikt, mängd orenheter och andra spannmålsslag (Warner, 2001, pers. medd.).

Växtplatsanpassad odling

Under årens lopp har storleken på enskilda åkrar ökat genom sammanslagning av mindre skiften, igenläggning av öppna diken och borttagning av 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. Växtplatsanpassad odling eller precisionsodling är ett sätt att återigen dela upp stora skiften i mindre områden, följa förändringar, öka kunskapen och bättre styra insatserna efter varje enskilt områdes förutsättningar (Lundström, et al., 2001).

Insamling av platsspecifik data kan ske på många sätt men hjärtat i systemet är Global Positioning System (GPS), vilket har gjort det möjligt att få reda på exakt var på fältet platsspecifika händelser inträffar. GPS är ett satellitbaserat positionsbestämningssystem. Det system som vanligen används är det av amerikanska försvaret uppbyggda NAVSTAR (Thylén, 1995). Systemet är uppbyggt av 24 satelliter varav tre är reserver, se bild 2, som kretsar runt jorden i bestämda omloppsbanor och sänder ut positionsinformation (Ekfäldt, 1996).

GPS-systemet består av tre segment; satelliter, kontrollstationer och mottagare. Satelliterna kretsar runt jorden i bestämda omloppsbanor och sänder ut positionsinformation. Kring ekvatorn finns stationer som kontrollerar satelliternas funktion och position. Med en GPS-mottagare samlas information in från minst fyra satelliter samtidigt. Systemet var belagt med en störsignal av det amerikanska försvaret fram till maj 2000. Detta innebar att noggrannheten inte kunde bli bättre än ca ± 100 meter utan korrektionssignal. I och med att störsignalen togs bort kunde noggrannheten förbättras till ± 10 meter utan korrektionssignal (Thylén, 2001, pers. medd.). Detta är dock i de flesta fall ändå inte tillfredsställande för precisionsodling. Därför används oftast en differentiell GPS-mottagare, så kallad DGPS (Ekfäldt, 1996).

DGPS innebär att två mottagare används. Den ena sitter i fordonet och den andra är stationär. I Sverige finns det tre olika DGPS-referenssystem (Thylén, 1997). Det vanligaste sättet är att ta in korrektionssignal via RDS-systemet i det svenska FM-bandet. En speciell RDS-mottagare måste innehas och ett abonnemang löses årsvis för att kunna ta emot signalen. Ett annat korrektionssignalsystem är sjöfartens navigeringssystem, vilket bygger på långvåg. I många delar av Sverige är det möjligt att använda sig av långvågssignal som korrektionssignal (Algerbo & Thylén, 1997). Fördelen med detta system är att det är gratis. Ett tredje system är att ta in korrektionssignalen via satellit. Systemet innebär att information från de markbundna referens-

stationerna sänds upp till en satellit, som speglar signalen till användaren. Fördelen med detta system är att det fungerar i nästan hela världen. Det krävs dock abonnemang även för denna tjänst. Skillnaden i noggrannhet mellan de tre olika DGPS-tjänsterna skiljer sig inte nämnvärt. Förmågan att ta emot signalen kan däremot vara mycket varierande, och beror på var någonstans man vill ta emot signalen, och på vilken signaltyp som man vill använda. Med korrektionssignal fås en noggrannhet på ca en meter (ej med de billigaste GPS-mottagarna), vilket är fullt tillräckligt för precisionsodling (Thylén, 2001, pers. medd.).

Bild 2. Satelliterna som ingår i GPS-systemet (Ekfäldt, 1996).

Precisionsodlingen har, förutom positionsbestämningen, ytterligare två ben att stå på; GIS och ny teknik (Lundström, et al., 2001). GIS (Geografiska Informations System) underlättar hanteringen av koordinatbestämda data, åskådliggör skillnader och varierade åtgärder inom ett skifte. Genom att på ett bra sätt åskådliggöra exempelvis markparametrar kan informationen lättare användas som beslutsunderlag. Det tredje benet utgörs av den nya teknik som till en del används idag, men som bara finns i begränsad omfattning, för att ge större genomslag för växtplatsanpassad odling. Dels behövs ytterligare teknik för kontinuerliga mätningar, exempelvis för kvalitetsbestämning under pågående skörd, dels behövs förfinad teknik för att styra de varierade insatser som blir följden av den ökade kunskapen. Kraven på tekniken måste anpassas till noggrannheten i det material som fungerar som beslutsunderlag för insatsen. I vissa fall finns det skäl att ha betydligt större precision än i andra. Ogräsbekämpning ska till exempel styras efter ogräsförekomsten, som förändras snabbt under säsongen, medan spridning av kalk inte ställer samma krav på precision inom lika små ytor (Lundström, et al., 2001).

Det är inte självklart att det blir enklare med växtplatsanpassad odling. Mer kunskap ger alltid nya frågeställningar. Precisionsodlingen ger dock förutsättningar för ökad insikt om odlingen och om hur förhållandena varierar (Lundström, et al., 2001). Större precision i odlingen bör ge ett bättre resultat i form av ökad skörd samt högre och jämnare kvalitet. Ökad effektivitet och därigenom ett bättre utnyttjande av insatserna bör även innebära mindre miljöpåverkan. För att tekniken skall användas i någon större omfattning måste den också förbättra ekonomin för den enskilde lantbrukaren (Lundström, et al., 2001).

NIR och NIT

Bland pionjärerna inom utvecklingsarbetet för användning av NIR-analys för livsmedelsindustrin var Norris, Hart och Hoffman (Wennberg & Norman, 1996). År 1976 lyckades Norris och hans medarbetare använda tekniken för att analysera kvaliteten på vallfoder. NIRA (Near Infrared Reflectance Analysis), oftast enbart kallad NIR (Near Infrared Reflectance), innebär användning av infrarött ljus med så korta våglängder att det ligger nära det synliga ljusets våglängder. Den för oss synliga delen av elektromagnetiska spektrumet ligger mellan 400 och 780 nanometer (nm), medan NIR-området sträcker sig från 780 till 1500 nm och mellan-IR (MIR) från 1500 till 25 000 nm, se bild 3.

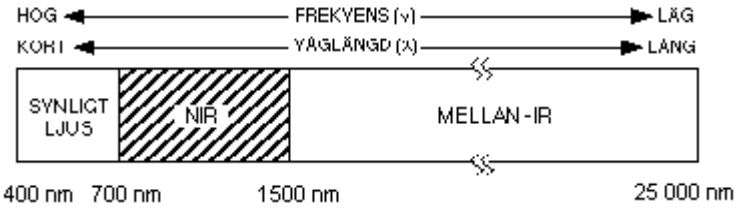

Bild 3. NIR:s våglängdsområde (Wennberg & Norman, 1996).

Ljus som träffar en yta kan antingen reflekteras totalt eller absorberas, vilket försvagar den totala reflektionen (Williams, 1996). Ljuset som penetrerar in i provets ytlager sprids mot dess beståndsdelar, ljuset reflekteras sedan och återvänder upp genom ytan. I det ljus som inte reflekteras har energin i ljuset absorberats av bindningar mellan atomer och omvandlats till vibrationsenergi. Ljus som har penetrerat in i ett ämne kallas för diffust ljus och innehåller information om provets sammansättning (Williams, 1996). Vid bestämning av en produkts egenskap med NIR belyses produkten med ljus av olika våglängd och det reflekterade ljuset registreras. Mängden reflekterat ljus i olika våglängdsområden används för beräkning av olika egenskaper hos produkten, till exempel proteinhalt (Wennberg & Norman, 1996).

Med en liknande teknik, benämnd NIT (Near Infrared Transmittance), belyses ett prov, men istället för att registrera det reflekterade ljuset mäts den mängd ljus som går igenom provet, se bild 4. Våglängdsområdet som används är nästan det samma som för mätning med NIR. Ljus med våglängder större än 1200 nm går inte igenom provet varför våglängder över 1200 nm inte används inom NIT-tekniken (Gilbertsson, 2002, pers. medd.). Inom lantbruket bestäms bland annat spannmålens vatten- och proteinhalt samt mjölkens fett- och proteinhalt med NIR/NIT-metoder (NE, 1992).

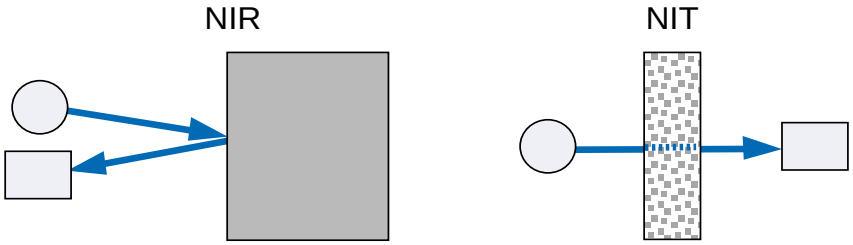

Bild 4. Funktionen hos NIR respektive NIT.

Nackdelarna med NIR/NIT-tekniken är den stora initialkostnaden för utrustningen och arbetet med att underhålla kalibreringen av instrumenten. Ett rättvist mätvärde kan endast fås för prov som har likvärdig fysikalisk och kemisk sammansättning som de prov som använts vid kalibreringen (Williams, 1996). Därför måste kalibreringen innehålla sådana prov så att alla möjliga uppsättningar inom mätområdet täcks in. I praktiken måste kalibreringen uppdateras från år till år för att få med årsvariationerna. Trots arbetet med kalibrering har NIT-instrumentet flera fördelar mot manuella metoder utförda på laboratorium (efter Williams, 1996):

- Den korta analystiden (ofta mindre än en minut).
- Enkelheten, inga mätvätskor eller förmalning av proverna krävs.
- Tekniken kräver inte specialutbildad personal.
- Det går att analysera flera parametrar samtidigt.

Proteinsensor

En sensor är en anordning som känner av absolutvärdet eller ändringen av en fysikalisk storhet, till exempel tryck, temperatur, flödeshastighet eller pH-värde, samt även intensiteten för ljus, ljud eller radiovågor. Därefter omvandlas informationen till en form som lämpar sig för ett datainsamlande system, exempelvis spänning eller resistans. Normalt sker omvandlingen av en godtycklig fysikalisk storhet till en elektrisk spänning, ström eller impedans. Skälet till detta är att en elektrisk storhet lätt kan omvandlas, signalbehandlas och överföras på stora avstånd (NE, 1992).

Under de tre senaste åren har JTI tillsammans Zeltex Inc tagit fram en metod för on-line-mätning avsedd att monteras på tröskan. Systemet tillåter intermittent mätning av prover i ett spannmålsflöde och monteras på sidan av en kedjeelevator. (Algerbo & Thylén, 2000).

I sensorn sitter 16 dioder för olika våglängder monterade i ett ljuspaket. Dioderna sänder ut 14 våglängder mellan 893 och 1045 nm. För vågländerna 1037 nm och 1045 nm krävs två dioder vardera för att uppnå erforderlig energimängd. Framför varje diod är ett filter monterat som bestämmer den exakta våglängden eftersom ljuset som dioderna sänder ut ligger inom ett normalfördelat intervall kring den önskade våglängden. Varje diod sänder ut ett stort antal blixtar och ljuset samlas upp innan det går igenom provet, se bild 5.

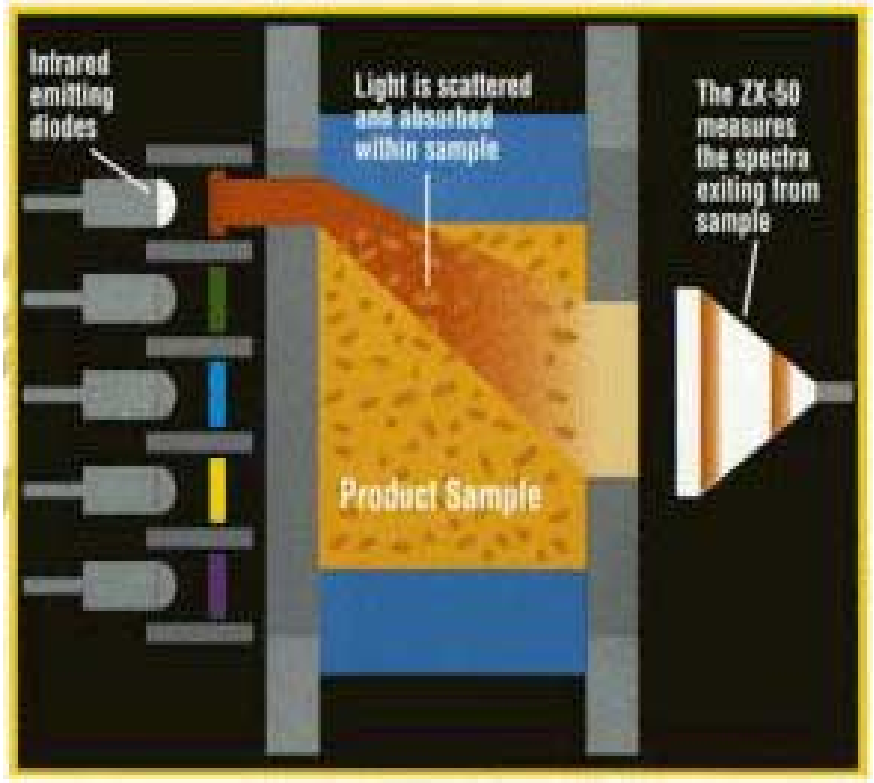

Bild 5. Funktion hos ZX-50 NIT-sensor.

I tur och ordning belyses provet med de olika våglängderna (Thylén, 2001, pers. medd.). Det transmitterade ljuset för ett prov, se bild 6, används indirekt för att bestämma mängden absorberat ljus i provet (Leeson et al., 2000). Molekyler av skilda slag absorberar olika våglängder och utifrån den absorberade mängden ljus fås ett ”fingeravtryck” av provets kemiska sammansättning (Lundström et al., 2001).

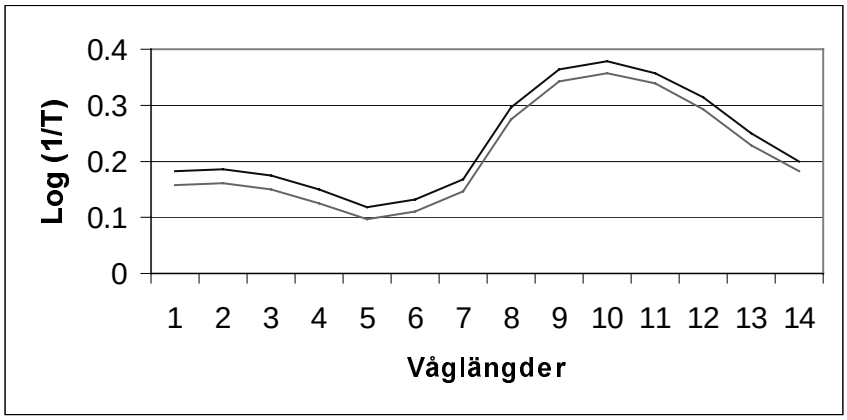

Bild 6. Optisk data, transmitterat ljus från två höstveteprov.

Analys av protein, fett och vatten kan idag utföras med NIR/NIT-teknik. Som referensmetoder används traditionella metoder på laboratorienivå, vilka är både arbets- och tidskrävande. Fettanalys görs exempelvis genom extraktion med organiska lösningsmedel och proteinanalys genom spjälkning i syra och titrering enligt Kjeldahl. För vattenhaltsanalys används olika former av ugnstorkning (Styf, 2001, pers. medd.).

Mätosäkerhet

Noggrannheten på NIR/NIT-instrument är mycket hög, men eftersom varje analys är baserad på en kalibrering mot befintliga analysmetoder kommer fel i dessa att föras över till instrumentet (Wennberg & Norman,1996). Detta betyder att noggrannheten för instrumentet aldrig blir bättre än referensmetodens. Instrumentet måste, sedan kalibreringen är inlagd i instrumentet, löpande följas upp med analyser med referensmetoden för att kontrollera den så kallade graden av normalfördelning. Denna är instrumentets nollpunktsnivå som varierar från instrument till instrument och står för skevheten mellan instrumentets regressionskurva och den ideala laboratorieregressionskurvan (Zeltex Inc., 1997).

Angivande av mätosäkerhet kan göras på en rad olika sätt. Inom NIR- och NIT-tekniken används oftast SEP-värdet. SEP står för Standard Error of Prediction och är matematiskt lika med standardavvikelsen på skillnaden mellan mät- och referensvärdet för motsvarande prov. Mätosäkerheten varierar över mätområdet och är för protein högre vid höga proteinhalter och lägre vid låga halter (Olsson, 2001).

Material och Metoder

Under skördesäsongen 2001 mättes proteinhalter i spannmål i vagn innan tippning och direkt efter torkning för att fastställa hur proteinhalten varierar vid inlagring av spannmål på en gårdsanläggning.

Försöken utfördes både på Kvarnbo gård, som ligger ca 5 kilometer väster om Uppsala, och på Bjertorps Egendom, beläget ca 25 kilometer sydöst om Skara. Vissa större fält valdes ut och följdes noggrannare därför att större sammanhängande partier är lättare att särskilja och följa genom anläggningarna.

Proteinsensor

Funktion

På Kvarnbo mättes protein- och vattenhalt efter tork med hjälp av en Zeltex ZX-50 NIT-sensor, se bild 7.

Bild 7. Zeltex ZX-50 (Zeltex Inc.)

Mätinstrumentet är utvecklat för manuell provtagning och kan enkelt bäras med i fält, men är i detta fall fast installerat bredvid torken. För att handinstrumentet skulle kunna mäta kontinuerligt byggdes det in i ett skåp, se bild 8. Insläpp och utsläpp av spannmål i mätkammaren sköttes av tryckluftskolvar, se bild 9. När mätkammaren fyllts registreras detta av en fyllnadssensor, också synlig på bild 9.

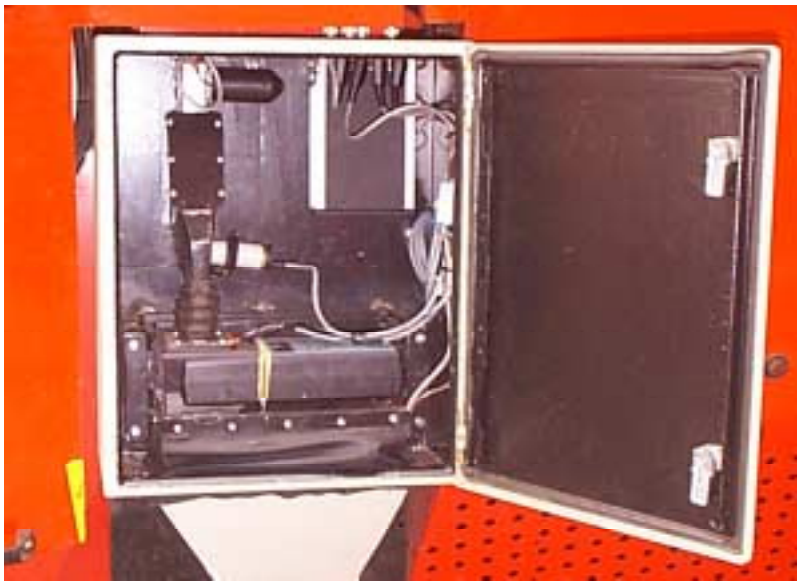

Bild 8. NIT-sensorn installerad i skåpet.

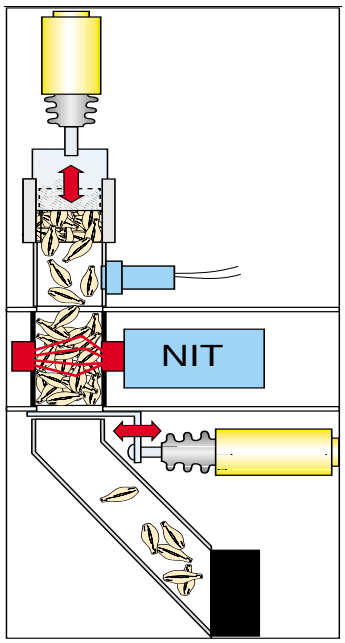

Bild 9. Funktionen hos mätkammaren.

Samma instrument som monterats efter torken på Kvarnbo användes för att mäta vatten- och proteinhalt efter torken på Bjertorp.

De faktorer som påverkar noggrannheten för ett NIT-instrument, bl.a. krypström, vibrationer, damm och ljusläckage (Algerbo & Thylén, 2000), eliminerades så långt som möjligt.

Vid mätning kalibreras först automatiskt NIT-instrumentet genom att mängden ljus som passerar genom den tomma mätkammaren registreras. Därefter fylldes mätkammaren med spannmål, varefter registrering skedde av hur mycket ljus som passerade provet. Kalibreringen är speciellt viktig vid on-line-mätning eftersom slitage på ytor vid belysning med olika våglängder medför att olika mycket ljus kommer att passera mätkammaren (Algerbo & Thylén, 2000). Denna ”tomkalibrering” sker var femte mätning under tiden som instrumentet används.

Instrumentet består av en optisk del med ljusdioder, en fotocell samt ett antal ljusfilter som representerar olika vågländer inom det infraröda området. Vid mätningen bestämmes för varje prov transmittansen,T, för samtliga 14 våglängder. Vid bestämning av halten P av till exempel protein i ett prov av en viss gröda utför instrumentet följande beräkning (Johansson & Bondesson, 1984):

$$P\ (\%) = K_0 + K_1 * L_1 + K_2 * L_2 + \ldots + K_{14} * L_{14} + K_{15} * t_1 + K_{16} * t_2 \qquad \text{(Ekvation 1)}$$

där L_1 till L_{14} är log1/T för de olika filtren. K_0 till K_{16} är de olika kalibreringskonstanterna för protein i växtslaget ifråga (Johansson & Bondesson, 1984).
t_1 och t_2 är spannmålens respektive instrumentets temperatur.

Kalibrering

För bestämning av K-värdena analyseras ett antal kända prov i instrumentet, vars proteinhalt bestämts med NIT vid ett laboratorium. Som referens för NIT-instrumenten på laboratorienivå används Kjeldahl-metoden (Styf, 2001, pers. medd.). Leverantören av instrumentet rekommenderar att antalet referensprov ligger mellan 150 och 300 (Zeltex Inc., 1997). L-värdena för samtliga filter från alla proven matas in i en dator som med hjälp av program för multipel linjär regressionsanalys bestämmer de K-värden, som ger bäst anpassning till de kända analysvärdena P_1 till P_X för kalibreringsproven (Johansson & Bondesson, 1984).

Eftersom årets skörd generellt hade höga proteinhalter och kalibreringsunderlaget för instrumentet var något bristfälligt i det höga mätområdet var det önskvärt att öka antalet prover i sensorns kalibreringsbas. De prover som tagits från vagnarna på Kvarnbo och referensproverna från Bjertorp kördes genom ett NIT-instrument på AnalyCen i Uppsala. Att analysera referensproverna hos AnalyCen gav tillgång till ett unikt kalibreringsunderlag som bygger på material från hela Europa såväl som från Australien, Nordamerika och Sydafrika. Nätverket kallas AgroNet och tillhandahålls av Foss Tecator. Genom detta nätverk har instrumentet tillgång till ca 30 000 kalibreringsprov och får på så sätt en mycket hög noggrannhet i mätningarna (Olsson, 2001). Dessutom blir noggrannheten bättre med tiden eftersom mätdata i databasen ständigt ökar då alla mätningar som görs sparas kontinuerligt i databasen (Styf, 2001, pers. medd.). Totalt kördes 264 veteprover och 60 kornprover genom JTI:s och AnalyCens utrustning. Nya kalibreringskoefficienter beräknades baserat på all data med multipel linjär regression och matades in i kalibreringsekvationen.

Mätosäkerhet

För att undersöka JTI-sensorns repeterbarhet kördes samma prov 50 gånger genom den. Provet blandades mellan varje bestämning för att utjämna eventuella variationer inom provet. Provmängden var ca 2 dl, vilket var den ungefärliga volymen hos mätkammaren. Standardavvikelsen på residualerna, det vill säga skillnaderna mellan mätvärdet och motsvarande referensvärde, beräknades.

System

Vagn

Innan spannmålen på Kvarnbo tippades av vagnarna togs prover med ett provtagningsspjut, se bild 10.

Vid användning av spjutet öppnades håligheter utefter hela spjutets längd och ett medelvärde i provpunkten kunde erhållas vid senare analys. Ekipagen rymde ca 25 ton vardera och fem prover togs utefter ekipagets centrumlinje, se bild 11.

Vagnarna med spannmål från fältet Vägstyrelsen provtogs för att uppskatta hur proteinhalten varierade i dessa. Meningen var att proteinhaltsvariationen skulle jämföras med de i fält och efter tork. Proverna användes även för att kalibrera instrumentet.

Bild 10. Provtagningsspjut använt vid provtagning i vagnar på Kvarnbo gård.

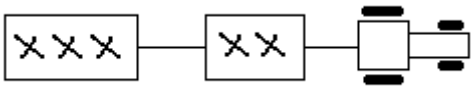

Bild 11. Provtagningsställen i vagnar på Kvarnbo gård.

Tork

På Kvarnbo installerades sensorn bredvid torken, se bild 12. Spannmålen togs ut genom en provtagare, se bild 13, monterad i toppen på elevatorn som förde upp de torkade spannmålen.

Bild 12. Utrustningens placering bredvid torken

Bild 13. Provtagare inmonterad i torkelevatorn på Kvarnbo gård.

Genom en slang fördes spannmålen till sensorn där ca 1,25 prov togs per minut, vilket betyder att ca ½ liter spannmål togs ut per minut. Provtagen spannmål återfördes till störtröret från torken. Risken för att samma kärnor skulle hamna i provtagaren igen bedömdes som försumbar. Till mätutrustningen kopplades en bärbar dator som styrde sensorsystemet samt loggade all data. De ca 600 ton höstvete som gick genom torken resulterade i 3927 registrerade mätvärden. Totalt tröskades ca 430 ton vårvete och 3640 mätvärden registrerades kontinuerligt under torkningen. För att göra mätdata mer överskådlig medelvärdesbildades den med löpande medelvärde omfattande 25 mätningar. Att antalet mätvärden per gröda relaterat till hur stor skörd höstvete och vårvete som kördes igenom instrumentet varierar, beror på att mätningen stundtals stannade på grund av stopp i sensorn eller i slangen ner från uttagaren. Från tippgropen gick spannmålen till en våtficka varur torken fylldes. I de fall då alla våtfickor var fyllda kunde spannmålen tas direkt från gropen till torken.

Torken är uppdelad i olika zoner: sjunkzon, torkzon och kylzon. För att all spannmål skall passera alla zoner under uppstarten av torken måste spannmålen cirkuleras till dess att önskad slutlig vattenhaltsnivå erhållits. Därefter började spannmålen matas ut och ny fylldes på kontinuerligt.

Ett 27 ha stort höstvetefält, Vägstyrelsen, valdes ut att följas genom anläggningen på Kvarnbo. Data från körningarna av fältet genomgick en mer omfattande och noggrann analys av orsaken till variationen.

Syftet med att montera utrustningen på Bjertorp var att få data både från fält och efter tork på samma spannmål eftersom fältmätningarna på Kvarnbo uteblev. Instrumentet placerades i källaren under torken, se bild 14. Spannmålen för analys togs ut genom ett hål i en uppsamlingskona under en kedjelevator. Eftersom anläggningen saknade våtficka och vårkornet skördades vid höga vattenhalter, tippades spannmålen under uppstartsperioden på ett betonggolv när torken körde rundgång på spannmålen. Spannmålen fördes till gropen med lastmaskin. Från gropen gick spannmålen direkt till torken. Referensprover togs ut i en skrapelevator efter torken.

Bild 14. Mätutrustningen monterad i torkanläggningen på Bjertorps Egendom.

Ekonomi

För att undersöka de ekonomiska möjligheterna att sortera spannmål i två fraktioner, analyserades mätvärdena för att i efterhand skapa den mest ekonomiska situationen. Prisbilden för de olika spannmålsslagen redovisas i bild 15 och 16 (Lantmännen, marknadsområde Mälardalen).

För maltkorn är den nedre betalningsgränsen på ca 9 % flytande från år till år och under gränsen klassas maltkornet till foderkorn (Warner, 2002, pers. medd.). I praktiken är den inte tillämpbar eftersom proteinhalterna nästan aldrig understiger 10 % i Mälardalsområdet.

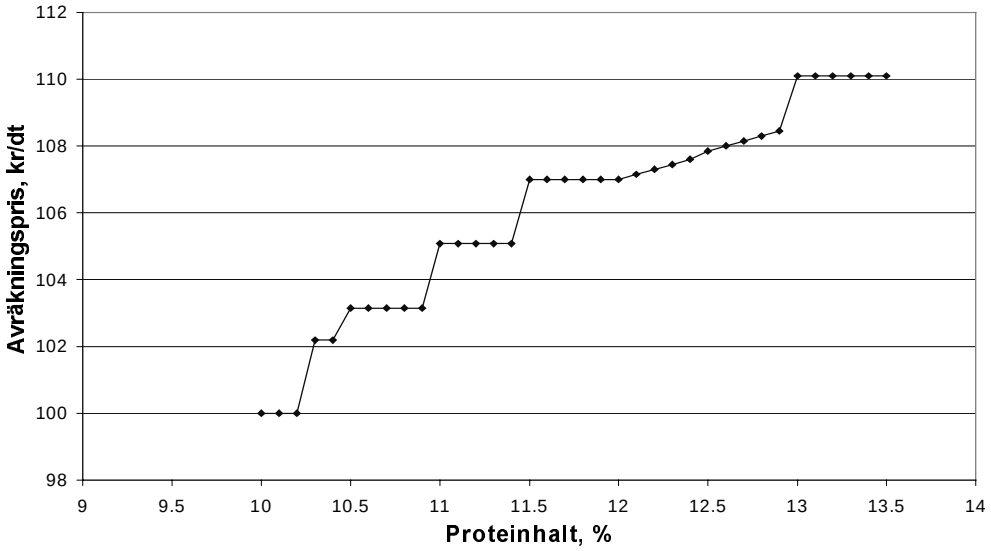

Bild 15. Betalningskurva för höstvete för marknadsområde Mälardalen. Källa: Lantmännen.

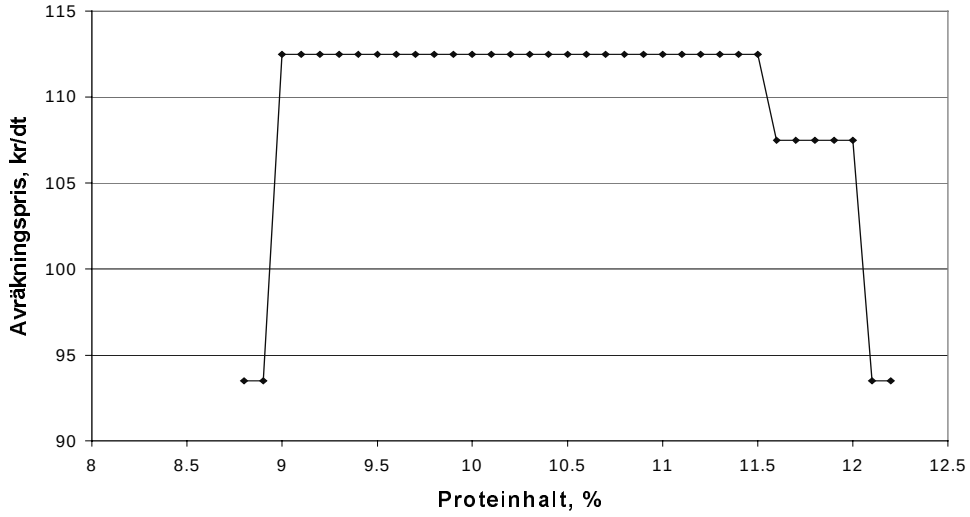

Bild 16. Betalningskurva för Maltkorn odlat i Mälardalen. Källa: Lantmännen.

Mätvärdena delades upp i kolumner, eller partier, med 0,1 procents skillnad mellan partierna. Utifrån dessa data söktes ett ekonomiskt maximum genom att successivt sänka medelproteinhalten för prover med den högsta proteinhalten, genom att blanda in fler partier med lägre proteinhalt, se bild 17.

Samma sak gjordes med utgångspunkt från det lägsta värdet. På detta sätt kunde det bestämmas hur mycket spannmål av högre proteinhalt som skulle blandas in för att höja medelproteinhalten över en viss betalningsgräns. Genom denna successiva höjning av proteinhalten söktes det mest ekonomiska sorterings-förhållandet.

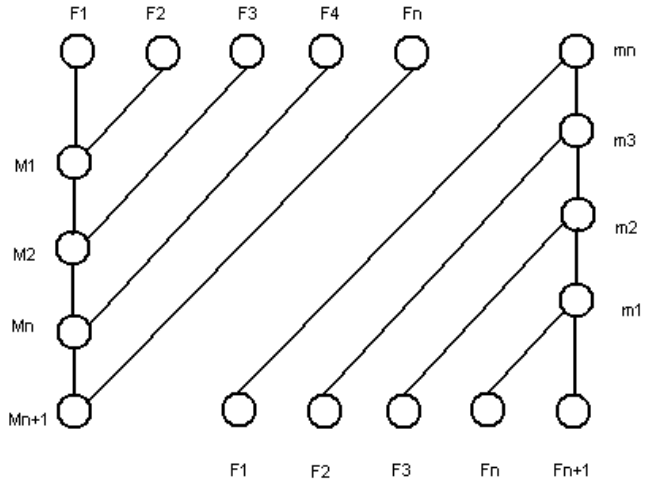

Bild 17. Schematisk bild över optimering av blandningsförhållandena.

F1 till F_n är de olika fraktionerna, där F1 är låg och F_n hög. M1 till M_{n+1} är de bildade medelvärdena av sammanslagningen med en ytterligare kolumn med utgångspunkt från låga värden och m1 till m_n medelvärden bildade från höga värden. Till varje medelvärde räknades en delsumma ut genom att multiplicera med avräkningspriset vid det värdet. Sålunda skapades nu två avdelningar, en med successivt stigande medelproteinhalt och en med sjunkande. Mängderna fördelades så att varje mätvärde motsvarade två deciton (dt), eftersom varje utmatning från torken var på ca 200 kg och ett mätvärde registrerades för varje utmatning. Vartefter fler partier blandades in ökade således den totala mängden spannmål i avdelningen.

När delsummorna sedan radvis slogs samman för det stigande avdelningen och för det sjunkande erhölls en totalsumma för varje rad där totalmängden spannmål för alla rader var lika stor. Därefter jämfördes det totala priset för varje rad med den summa som hade erhållits vid leverans av hela partiet vid dess medelproteinhalt.

Eftersom årets skörd av höstvete höll ett högt proteinmedeltal, 12,7 %, valdes ett fält ut från skörden 2000 (Gustavsson på Kvarnbo gård). Detta år var protein-halten lägre, medel var 10,7 %, och fältet Gustavsson användes som mall för att efterlikna skördebilden år 2000. Priserna efter sorteringen jämfördes med de priser som medelvärdet för hela partiet skulle ha gett och ett slutgiltigt resultat räknades fram. För att göra skörden 2000 och 2001 jämförbar räknades resultatet om till kr/dt.

Uppskattning av kostnaderna vid sortering av spannmål och mängden som krävs för att det skall bli lönsamt gjordes i samråd med Håkan Rosenqvist vid institutionen för ekonomi, SLU.

Resultat

Höstvete

Proteinhalten varierade mellan 10,3 och 15,1 % med ett medelvärde på 12,7 % och en standardavvikelse på 0,62 %. Mätning av höstvete utfördes på Kvarnbo gård, se bild 18 och för medelvärdesbildade data bild 19. Mätningarna är redovisade i tidsordning utan att hänvisa till specifik tidpunkt.

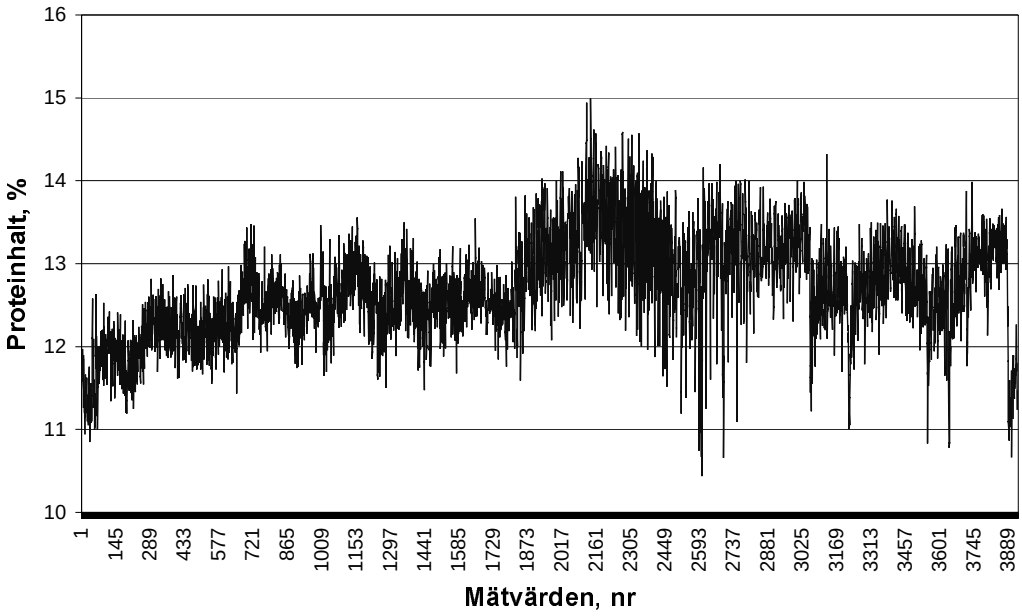

Bild 18. Proteinhaltsvariation hos höstvete uppmätt efter tork under skördesäsongen 2001.

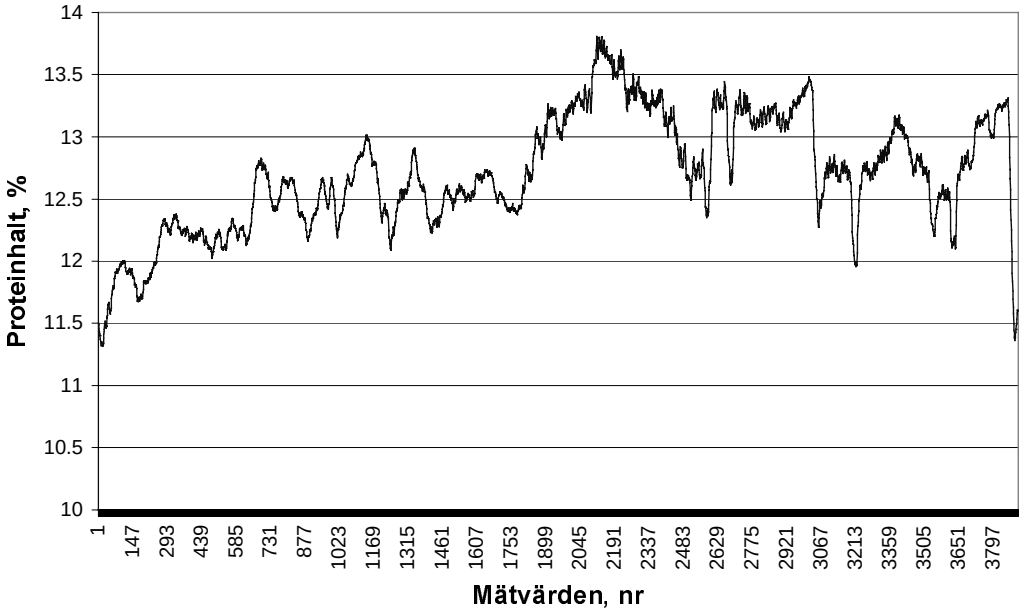

Bild 19. Medelvärdesbildade mätningar av höstvete. 25 mätningar per medelvärde.

Vägstyrelsen

Fältet Vägstyrelsen behandlades separat. Prover togs ur vagnarna som sedan analyserades för att ge en ungefärlig uppfattning om proteinhaltsvariationen, se bild 20. Värdena från vagnarna hade ett medel på 13,8 % och en standardavvikelse på 0,40 %. Mätvärdena efter tork hade ett medelvärde på 13,2 % och en standardavvikelse på 0,62 %, se bild 21 och 22.

Värt att notera är, att trots utjämningseffekten av proteinhalten som fås genom användning av ett provtagningsspjut är trenden lika för bestämningarna i vagn och tork.

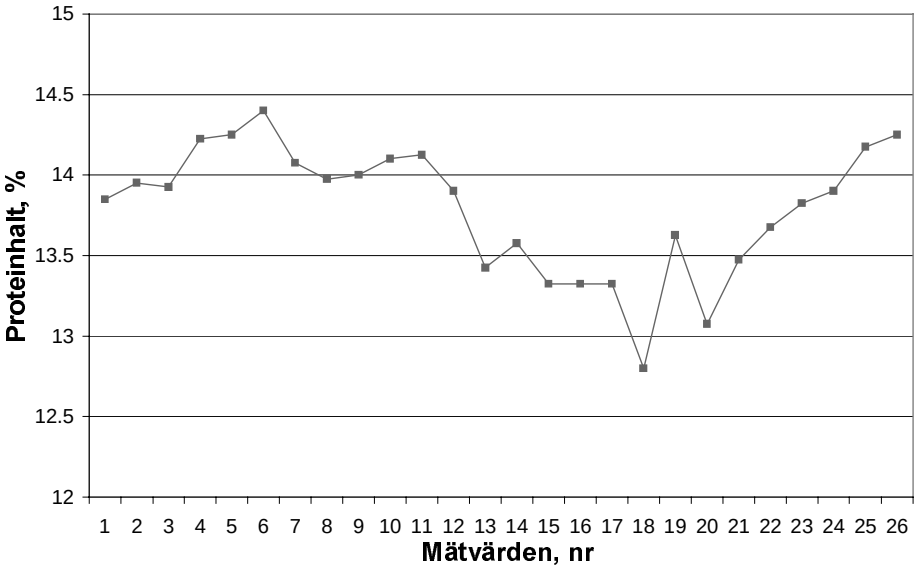

Bild 20. Proteinhalter uppmätta på prov tagna ur vagn från Vägstyrelsen.

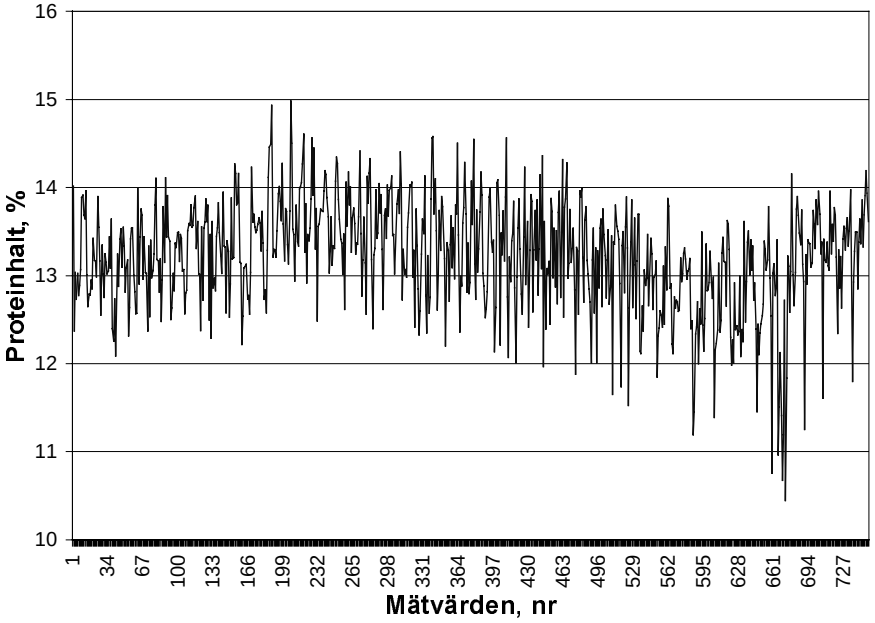

Bild 21. Proteinhalter i vete från fältet Vägstyrelsen, mätt efter tork på Kvarnbo gård.

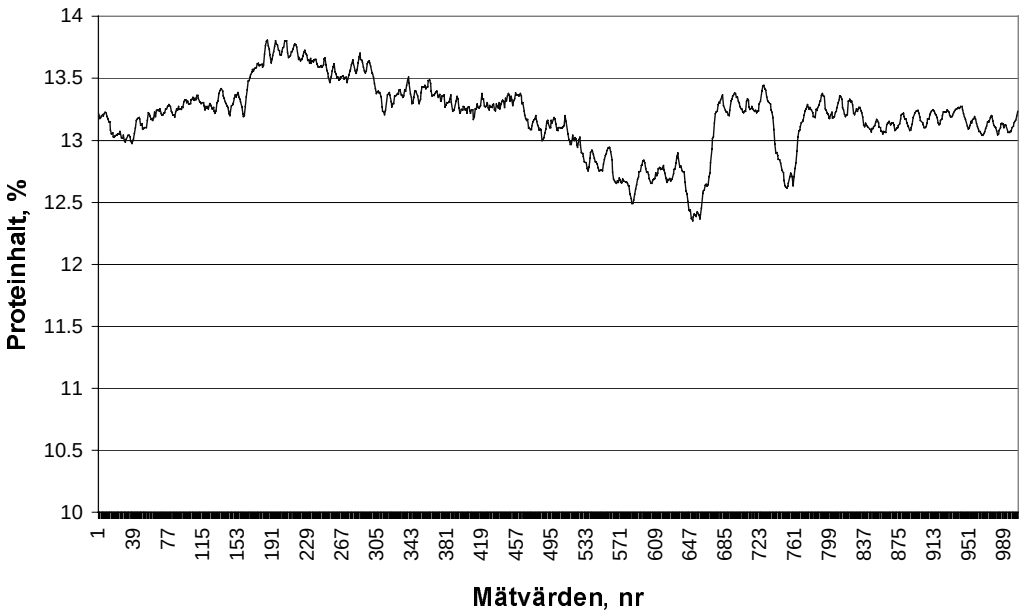

Bild 22. Mätningar av Vägstyrelsen, mätt efter tork, medelvärdesbildat med 25 mätvärden per medelvärde.

Vårvete

De uppmätta proteinhalterna varierade mellan 10,8 och 15,9 % och medelvärdet var 14,2 %. Standardavvikelsen var 0,61 %. Bestämningarna på vårvete utfördes på Kvarnbo gård och redovisas i tidsordning, se bild 23 och 24.

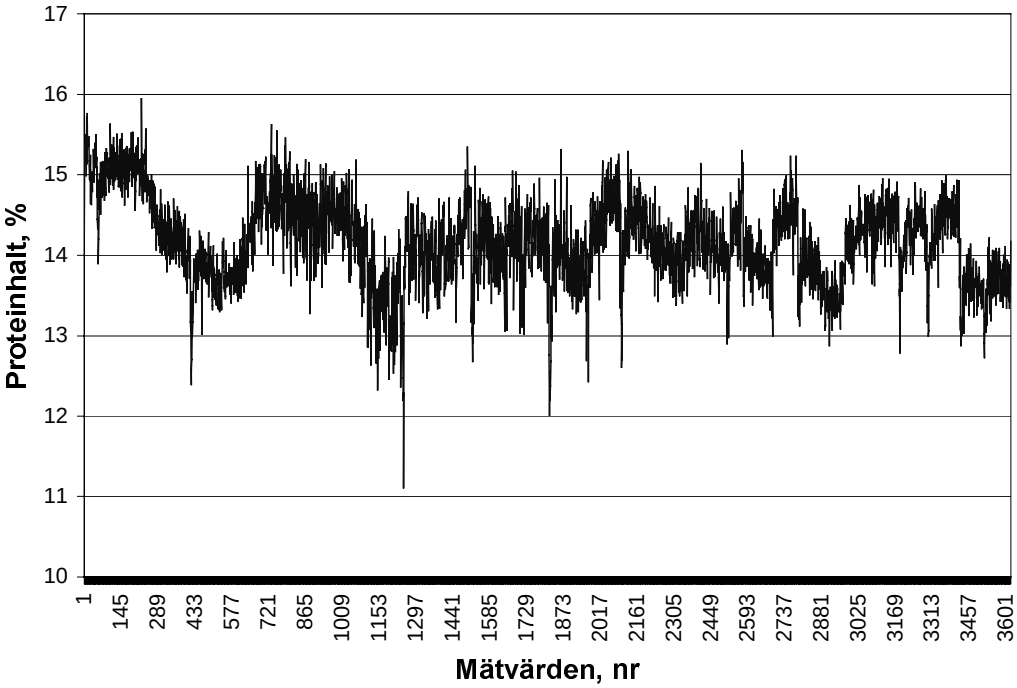

Bild 23. Proteinhaltsvariation hos vårvete efter tork mätt under skördesäsongen 2001.

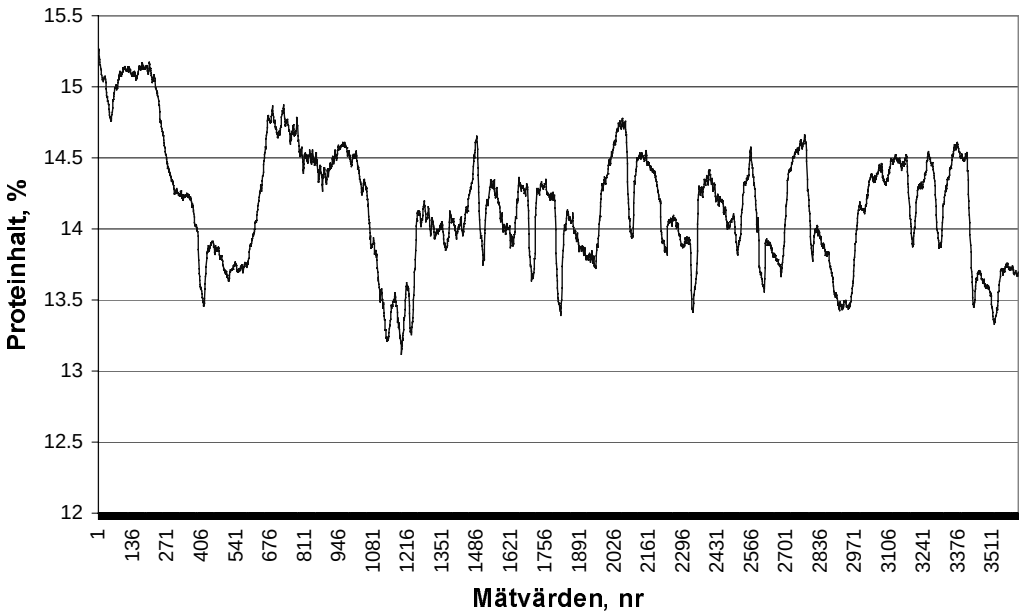

Bild 24. Medelvärdesbildade mätningar av vårvete från Kvarnbo gård.

Korn

Vatten- och proteinhalt hos maltkorn som gått genom torken på Bjertorps Egendom redovisas i bild 25.

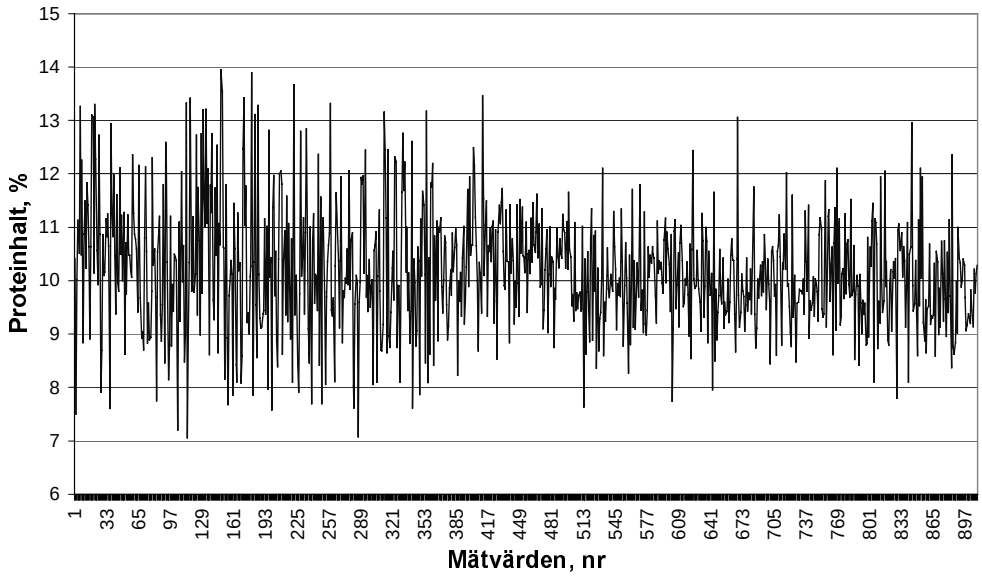

Bild 25. Proteinhalterna hos maltkorn efter tork på Bjertorps egendom.

De första 362 mätningarna härrör från fält nummer 12 där sorten Wikingett odlades. Nummer 363 till 658 omfattar fält 3 och 5 omblandat och därefter enbart fält 5. På fält 3 och 5 odlades sorten Astoria. Båda sorterna är maltkornssorter.

Mätningarna hade ett medelvärde på proteinhalten på 10,2 % och varierade mellan 7 och 14 %. Kornkärnorna packade sig sämre i mätkammaren på grund av att de är mer kantiga än vete. Detta orsakade en brusigare kurva än för vete.

I bild 26 redovisas samma resultat efter löpande medelvärdesbildning (25 värden).

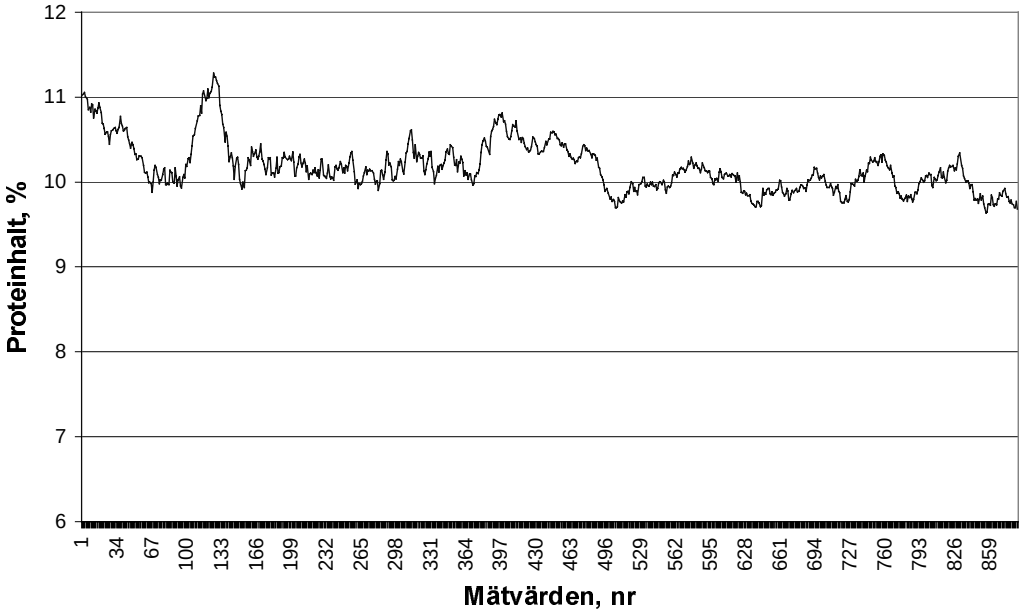

Bild 26. Medelvärdesbildade mätningar på korn efter tork på Bjertorps egendom.

Kalibrering

66 veteprover från Kvarnbo gård och 15 kornprover från Bjertorps Egendom analyserades på AnalyCens laboratorium i Uppsala. Dessa prover analyserades också fyra gånger på JTI:s sensor. De optiska data som erhölls användes för kalibrering av JTI:s sensor. Standardfelet för analyserna var 0,311 % och de hade en korrelation på 0,939, se bild 27.

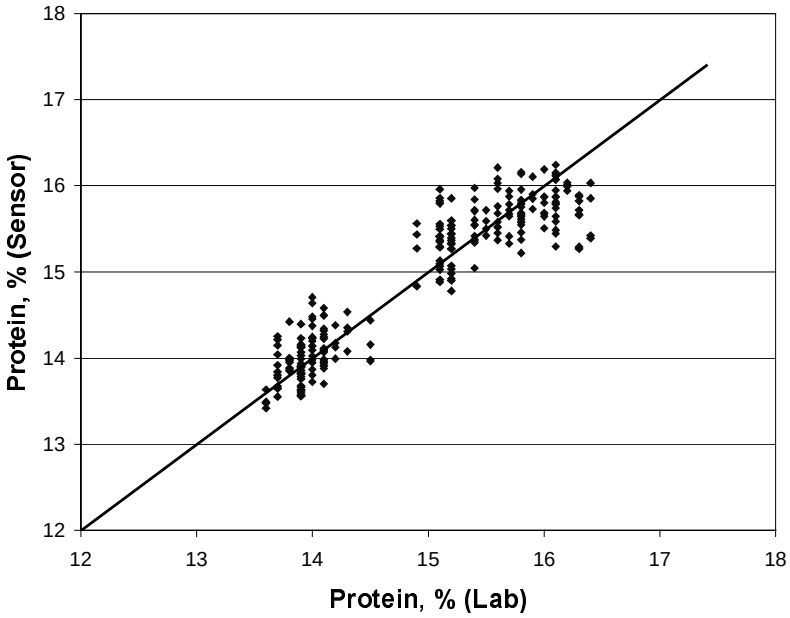

Bild 27. Proteinhalt hos vete uppmätt på laboratorium respektive med NIT-sensor. Standarfelet var 0,311 och korrelationen var 0,939.

Sensorns mätosäkerhet

För att undersöka vilken mätosäkerhet JTI:s sensor hade analyserades ett prov vårvete 50 gånger med sensorn. Proteinhalterna hade ett medelvärde på 13,8 %, ett minimivärde på 13,0 och ett maxvärde på 14,9 %. Standardavvikelse var 0,39 %.

Från kalibreringsdata, se ovan, bestämdes standardavvikelsen på residualen, det vill säga skillnaden mellan mätvärdet och det motsvarande värdet från AnalyCen, vilken var 0,32 %. Detta är lika med SEP (Standard Error of Prediction) och motsvarar instrumentets mätosäkerhet.

AnalyCen som utför tester på inlämnade spannmålsprov tillämpar vid mätning av protein med NIT en tolerans på ± 0,3 % enheter (Haglund, 1998).

Ekonomi

Sortering av spannmål i två fraktioner gav ett positivt ekonomiskt resultat för höstvete från skörden 2001 och 2000. Vid sortering av vårvete i två fraktioner medförde den höga medelproteinhalten att det blev mest lönsamt att sortera så att all spannmål hamnade i en fraktion. Således utgick det inte någon extra premie för sortering av vårvete eftersom inkomsten då är lika stor för både det sorterade ledet och när allt var blandat i samma fraktion. Även maltkorn för säsongen 2001 gav samma situation; mest optimalt sorterad hamnar all spannmål i samma fraktion och således utgår ingen extra betalning för att sortera maltkorn.

Optimalt sorterad skulle 2001 års skörd av höstvete ge ett utbyte på 857 000 kr, se bild 28. Merutbytet skulle bli 8 934 kr eller 1,14 kr/dt, jämfört med vad som skulle erhållas om betalningen av all spannmål utgick från medelproteinhalten.

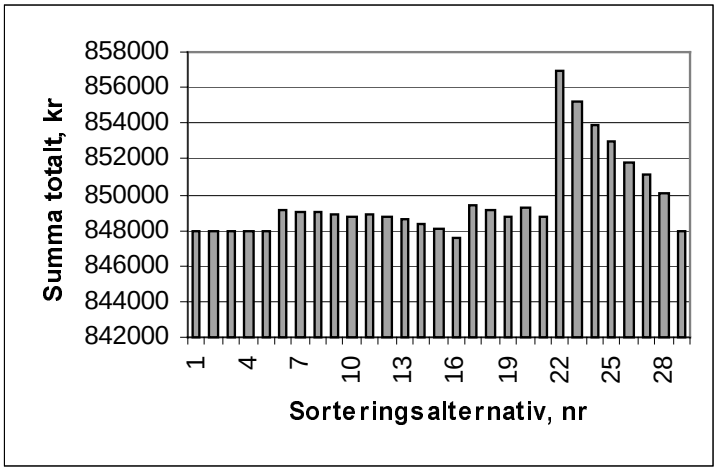

Bild 28. Det potentiella utbytet av att sortera höstvete år 2001.

För höstveteskörden 2000 blev maxintäkten drygt 129 000 kr för ett fält, se bild 29. Utslaget per deciton blev merutbytet 0,62 kr/dt. Skörden värderades enligt prisbild från år 2001.

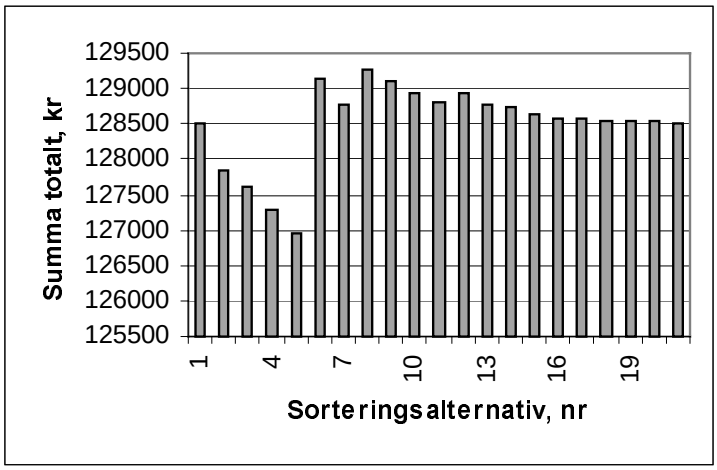

Bild 29. Utbytet av sortering av fältet Gustavsson, 24 ha, år 2000.

För skörden år 2001, då proteinhalten generellt sett var hög, inföll ekonomiskt maximum då partiet med hög halt hade ett medel på 13,0 % och det låga ett medel på 12,0 %. 2/3 av mängden spannmål återfanns i den höga gruppen. Skörden år 2000 hade betydligt lägre proteinhalt, 10,7 %, och då blev medlet för den höga gruppen 11,2 % och för den låga 10,5 %.

Diskussion

Det är möjligt att mäta proteinhalten under skörd och genom att använda sig av on-line sortering av spannmålen skulle värdet på spannmålen kunna maximeras. Med en standardavvikelse på 0,6 % uppmätt hos höstvete efter tork, skulle det gå att sortera spannmålen i flera fraktioner. Provtagning med provspjut i vagn ger ett medelvärde i just den volymen och har därför en utjämnande effekt på proteinhaltsvariationen. Därför är standardavvikelsen lägre för vagnarna än för torken. Sensorns mätosäkerhet på ± 0,32 % medför att det är omöjligt att sortera med helt skarpa gränser. Antagligen är mätfelet normalfördelat vilket skulle innebära att felet borde jämna ut sig vid körning på stor mängd spannmål. Detta torde innebära att det går att sortera efter ett visst värde. Det är dock inte troligt att provtagning hos spannmålshandlare visar exakt samma värde som den sensorsorterade spannmålen, vilket innebär att det kommer att behövas en viss marginal kring kvalitetsgränserna.

Lönsamheten i att sortera spannmål med dagens prisbild är diskutabel. Vissa år, då all spannmål blir godkänd i den önskade kvalitetsklassen, finns inget att vinna med sortering. Detta gällde för vårvete och maltkorn för årets skörd, eftersom årets skörd av vårvete hade hög medelproteinhalt och allt maltkorn klarade att uppfylla kraven för maximal betalning vid blandning av hela skörden. Andra år, då endast en del klarar kraven och andra delar blir underkända, kan intäkterna öka med hjälp av sortering. I prisbilden för höstvete säsongen 2001, se bild 15, är skillnaderna mellan prisnivåerna för små för att motivera sortering, prisbilden har linjära tendenser. En så gott som linjär priskurva medför inte någon stor intäktsökning vid sortering av vete. Prisbilden för maltkorn är annorlunda, se bild 16, med betydande steg mellan godkänd och icke godkänd maltkvalitet varför sortering kan vara klart mer motiverad. Enligt Arthur Warner på Lantmännen, är även prisbilden för ekolo-

giskt vårvete mer anpassad för sortering på gårdsnivå med större steg i prisbilden för godkända kvaliteter.

Den ekonomiska analysen av att sortera efter tork visar att det enbart är höstvete från skörden 2001 och 2000 som är lönsamt att sortera i två fraktioner. Sorteringen skulle resultera i mer intäkter på 1,14 kr/dt respektive 0,62 kr/dt. Utifrån dessa två faktiska situationer kommer det ekonomiska resultatet ett normalår antagligen att hamna någonstans mittemellan om sortering sker i två fraktioner. Mest lönsamt är det att sortera fram så stora partier som möjligt som klarar gränsen för maximal betalning. Enligt Håkan Rosenqvist skulle det krävas mellan 57 000 dt och 85 000 dt vete för att det skall vara lönsamt med sortering under år med stor variation. För maltkorn måste mängden uppgå till mellan 3100 dt och 4600 dt. Intervallet beror på de olika förutsättningar som ligger till grund för kalkylen. Bland annat spelar återbetalningstiden, och hur man ska värdera den extra tiden som åtgår för att hantera sorteringen, in på hur slutsumman blir. Enligt Håkan Rosenqvist är en årskostnad på 15 000 kr inklusive underhåll en rimlig bild vid avskrivning på 5 år och en anskaffningskostnad på 60 000 kr. Beroende på hur mycket spannmål som kommer att sorteras blir kostnaden per deciton olika:

Kvantitet, dt	5000	10 000	20 000	40 000
Kostnad, kr/dt	3	1,5	0,75	0,375

För att intäkterna skall överstiga kostnaderna krävs alltså stora arealunderlag.

I början på skördesäsongen är det omöjligt att veta hur prisbilden kommer att se ut och därför i vilka intervall spannmålen bör sorteras. Priserna sätts när handlarna vet hur årets skörd ser ut. Hur många partier som skall sorteras fram beror på prisbilden, vilken medelproteinhalt spannmålen har och hur proteinhalten varierar. Alltså svårt att förutsäga när det första lasset kommer in till torken. Vid export av kvarnvete finns ett minimikrav på 11,5 % protein som också brukar utgöra gränsen för grundpriset. Att sortera fram ett parti där proteinhalten ligger mellan 11,5 och 12,0 % är därför oftast gångbart. Ett annat område är kextillverkning med snäva marginaler vad avser proteinhalten. Det är dock inga stora mängder som åtgår för tillverkning av kex varför området är osäkert att lägga in i sin planering. Antagligen är det optimalt att sortera fram ytterligare två partier, ett över och ett under beroende på årsmånen och proteinhaltens fördelning. Man skall dock vara medveten om att prisskalan ändras mellan åren. Detta gäller speciellt konventionellt odlat maltkorn samt kravodlat vårvete, höstvete och maltkorn, alltså de grödor som är mest utsatta för tillgång och efterfrågan.

Den stora fördelen med att mäta proteinhalten är att man vet vilken proteinhalt spannmålen har i behållarna. Lantbrukaren vet i vilka silos det finns olika kvaliteter och detta kan användas vid förhandling om priset med handlaren eftersom denne inte behöver ta in spannmålen till egen mottagningsstation för bestämning av proteinhalten och eventuell blandning av olika kvaliteter. Istället kan spannmålen köras direkt till kund. Processindustrin kommer, i större uträckning än idag, vilja ha ett homogent parti och är antagligen villig att betala för det. Detta möjliggör blandning av flera silos från samma gård eller från olika bönder för att uppnå den önskade homogeniteten till kunden. Denna blandning sker redan idag på spannmålsmottagningarna men med vetskapen om var det finns spannmål med olika kvalitet skulle spannmålen kunna levereras direkt till förädlingsledet utan att passera spannmålshandelns lager. Detta skulle betydligt sänka kostnaderna för spannmålshantering.

När syftet är att sortera spannmål kan sensorn för att mäta proteinhalten antingen placeras på tröskan eller på torken. Nedan ges en sammanställning av för- och nackdelar med respektive placering:

Tröska

+ Lättare att sortera fram större variation hos olika partier
+ Mindre flöden
+ Mätresultaten kan användas som en parameter i beslut av nästa års kvävegivor
- Mer arbete, en linje för varje parti krävs från fältkant och vidare genom torken för att hålla isär partierna
- Minskad kapacitet hos tröskan

Tork

+ Lättare handhavande vid sortering, sköts automatiskt via torkens styrsystem
+ Vattenhaltsmätningen kan användas för att styra nedtorkningen
- Mindre variation än i fält
- Kringutrustning, exempelvis extra silos, elevatorer osv.
- Större flöden

Om proteinhalten mäts efter torken kan lantbrukaren också öka kvaliteten genom att använda sin konstgödsel på rätt sätt. Det är känt att på områden som avkastar bra är proteinhalten ofta lite lägre än inom lågavkastande områden. Detta beror på att mängden kväve inte räcker till för att ge både hög skörd och hög proteinhalt. Styrs givan så att mer kväve läggs på områden med högre avkastningspotential och mindre läggs på lågavkastande områden kan kvävet utnyttjas mer optimalt, både ekonomisk och växtnäringsmässigt. Med denna strategi kommer skillnaden i proteinhalt i fältet dock att jämnas ut. Om produktionsvillkoren eller jordarten varierar spatialt, det vill säga över fältet, måste driftsplaneringen anpassas speciellt för varje plats för att få fram högsta kvalitet och on-line sortering kan vara ett sätt att öka lönsamheten. Å andra sidan är meningen med precisionsjordbruk att utnyttja de platsspecifika resurserna och styra insatserna efter dem och därmed höja och utjämna kvaliteten. Därigenom minskar precisionsodlingen vinsten med att ha en proteinsensor.

Enligt Håkan Rosenqvist är det framförallt för tre grödor som det kan vara intressant med en proteinsensor. Dessa är ekologiskt vårvete, konventionellt maltkorn och fodersäd till egna djur. En förklaring till att det är mer intressant att sortera fodersäd till egna djur än vete och maltkorn för avsalu, är att det endast är vissa kvaliteter av avsaluspannmålen som är intressant att sortera fram.

Kraven på jämn och god kvalitet i spannmål för maximal betalning kommer troligen att öka. Kvalitetssortering har där en given plats att fylla. Vartefter utrustningen kommer ut på marknaden och genom ökad produktion blir billigare kommer den också att nå ett större antal användare. Nyttjarna kommer inte endast att vara lantbrukare med stora arealunderlag utan framförallt foderfirmor och spannmålsmottagningar.

Slutsatser

- Det är genomförbart att sortera spannmål efter proteinhalten.
- Om sortering skall gynnas bör prisbilden göras om så att vissa intervall premieras, vilket skulle gynna sortering inom dessa intervall.
- För avsaluspannmål krävs det stora arealer för att få lönsamhet.
- Av 2001 års skörd var det bara höstvete som erhöll extra betalning för sortering.
- Största vinsten med kvalitetssortering är kunskapen om innehållsdeklarationen för varje silo samt den noggrant uppmätta vattenhalten att användas för torkstyrning.

Referenser

Algerbo P-A & Thylén L., 1997. Coast guard beacon system. In Precision Agriculture ’97. 1997, Vol 2.

Algerbo P-A & Thylén L., 1998. Växtplatsanpassad odling – tillämpningar inom dagens lantbruk. Teknik för lantbruket nr 69. JTI – Institutet för Jordbruk- och miljöteknik, Uppsala.

Algerbo P-A & Thylén L., 2000. Utveckling av on-line proteinsensor för skördetröskor. JTI – Institutet för jordbruks– och miljöteknik, Uppsala.

Ekfäldt C., 1996. Vad är GPS? Teknik för lantbruket nr 49, JTI – Institutet för jordbruks– och miljöteknik, Uppsala.

Haglund L., 1998. Aktuella analysmetoder. AnalyCen Nordic AB, Lidköping.

Johansson H. & Bondesson K., 1984. Near-infrared reflectance. Sveriges utsädesförenings tidskrift, Vol 94 (1984), Svalöv.

Krischik V., Shipman D. & Stuckey R., 1990. How grain moves through the marketing system. In Stored product management.

Leeson S., Valdes E.V. & de Lange C.F.M., 2000. Near infrared reflectance spectroscopy and related technologies for the analysis of feed ingredients. Feed evaluation: principles and practice, Wageningen Pers, Wageningen, NL.

Lundström C., Delin S. & Nissen K., 2001. Precisionsodling – teknik och möjligheter. Precisionsodling i Väst. Teknisk rapport 5. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara.

NE; Nationalencyklopedin, 1992. Bokförlaget Bra Böcker AB, Höganäs.

Olsson T., 2001. Kvalitetssäkring av AgroNet, Informationsdokument. Analycen Nordic AB, Lidköping.

Persson G., 1986. Konsulentavdelningens rapporter 1986:83. Uppsala Konsulentavdelningen, Sveriges Lantbruksuniversitet 1978-1990.

Rosenqvist H., 2001. Ekonomisk studie av spannmålssortering. In Press.

Sahlén K., 1997. Baka matbröd. ICA Förlaget AB, Västerås.

Stafford J.F., 1999. An investigation into the within-field spatial variability of grain quality. Precision Agriculture 97. Vol 1.

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

Weidow B., 1998. Växtodlingens grunder. LT:s förlag, Stockholm.

Wennberg M. & Norman T., 1996. NIR/NIT. Slutuppgift. Högskolan i Kalmar.

Williams P.C., 1996. Recent advances in Near-infrared applications for the agriculture and food industries. Presenterad vid The International Japanese Conference on Near-Infrared Reflectance, Nov. 20-21, 1996. [Conference paper online]

Zeltex Inc., 1997. ZX-50 Near-Infrared Portable Grain Analyzer, Calibration Manual. Zeltez Inc, Hagerstown, Maryland, U.S.A.

Personliga meddelanden

Styf P., 2001. AnalyCen Nordic AB, Uppsala.

Gilbertsson M., 2002. JTI – Institutet för jordbruk- och miljöteknik, Uppsala.

Swanberg M., 2001. Olligon, Uppsala

Thylén L., 2001. JTI – Institutet för jordbruk- och miljöteknik, Uppsala.

Warner A., 2001. Svenska Lantmännen, Norrköping.