

Kvalitetsvariation i ensilage – en pilotstudie på Nötcenter Viken

Silage quality variations – a pilot study at research farm Viken



Examensarbete av:
Annicka Johansson

Handledare:
Bo Stenberg och Anders Jonsson

Förord:

Detta arbete har utförts som ett 20 p examensarbete i ekologi med Tomas Jonsson, Universitetslektor i teoretisk ekologi vid Institutionen för Vård & Natur, Högskolan i Skövde som examinator. Arbetet har huvudsakligen utförts vid Avdelningen för precisionsodling, Institutionen för markvetenskap, SLU Skara.

Jag vill rikta ett stort tack till VL-stiftelsen som har finansierat projektet, Agroväsprojektet POS (Precisionsodling Sverige) som varit huvudman för projektet och AnalyCen som har utfört analyserna. Ett stort tack också till Lennart Johansson på Nötcenter Viken som har tagit dagliga prover på ensilaget, Anette Knutsson på Nötcenter Viken för att jag kunde hålla till där med undersökningen, Roland Svanberg på AnalyCen som hjälpte mig med malningen av ensilageproverna och förklarade de våtkemiska analysmetoderna. Jag vill även tacka alla som förklarat och hjälpt mig med olika saker under projektets gång: Bo Stenberg (SLU), Anders Jonsson (SLU), Mats Söderström (SLU) och Elisabet Nadeau (SLU).

Annicka Johansson

Innehållsförteckning

<i>Förord:</i>	3
<i>Sammanfattning</i>	5
<i>Summary</i>	5
<i>Introduktion</i>	7
Ensilage	8
Mjölkkons näringsbehov	8
<i>Växtfiber</i>	9
<i>Protein</i>	9
Orsaker till variationen i foderensilaget	9
Miljöaspekter i grovfoderkedjan vid grovfoderproduktion	10
Miljöaspekter i grovfoderkedjan vid utfodring av mjölkkor	12
Kemisk analys och nära infraröd spektroskopi	12
<i>Metoder</i>	14
Provtagning	14
Provberedning	15
NIR-analys	16
Analysutförande på AnalyCen	18
Kemometri	18
Geostatistik	19
<i>Resultat</i>	20
Variation i ensilaget beträffande ts, NDF och råprotein	20
NIR-kalibreringar för kvalitetsbestämning i färskt ensilage	26
Koppling mellan variationen i foderensilaget och variationen i mjölkavkastning	27
<i>Diskussion</i>	30
<i>Slutsatser</i>	32
<i>Referenslista</i>	32
<i>Bilaga 1</i>	35
<i>Bilaga 2</i>	36
<i>Bilaga 3</i>	39
<i>Bilaga 4</i>	42

Sammanfattning

I mjölkproduktionen från besättningen på Nötcenter Viken ser man tydliga variationer över tiden, från dag till dag. Huvudsakligen antas variationen i mjölkavkastning bero på ensilagens torrsbstans (ts), fiberinnehåll (NDF) och råproteininnehåll. Faktorer som påverkar ensilagens näringsinnehåll är bland annat väderförhållanden och vilka arter som ingår i vallens sammansättning. Mellan den 26:e januari och den 20:e april 2006 togs prover på det ensilage som togs ut till fullfoderblandningen för att fastställa hur mängden ts, NDF och råprotein varierade i ensilaget över tiden. Prover togs även på den snittyta som uppkommer efter uttag av ensilage i två olika plansilos för att se hur parametrarna varierade över en genomskärning av silon. Dessutom togs prover på fem ensilageblock från en dags utfodring för att få en uppfattning om hur stor variationen kan vara inom och mellan olika block. Under denna studie användes huvudsakligen NIR-analys för att fastställa NDF- och råproteininnehållet. Provet belyses och energin i de reflekterade strålarna i det infraröda området 780-2500nm och det synliga området 350-780nm mäts av NIR-instrumentet och registreras i en dator. De erhållna spektrumerna räknas om via en modell kalibrerad mot kända referensprov. Vidare undersöktes om man även kan använda NIR-analys på färskt ensilage för att bestämma ts, NDF och råprotein och därmed reglera utfodringen därefter för att få en så jämn mjölkavkastning som möjligt. Resultaten visar bland annat att genom reglering av utfodringen efter ts dagligen kan man halvera felutfodringen jämfört med att utfodra efter ett medelvärde på ts för hela silon. För att optimera utfodringen krävs dock daglig analys för att fastställa ts, NDF och råprotein, och att man reglerar foderstaten därefter.

Summary

In the milk production from the stock at Nötcenter Viken obvious day to day variations are observed. These variations have been suggested to be forages quality dependent. Explanatory factors are supposed to be the dry matter (DM), fiber content (NDF) and crude protein. Factors that affect forages nutritional value are among other things species composition of the lay and the weather conditions during the growing season and harvest. Between January 26 and April 20 samples the forage taken out for daily feeding was sampled to determine fluctuations in dm, NDF and crude protein during the period. Also the profiles that arise after outtake of forages were sampled ones each in two different silos to determine how the parameters fluctuated over a cross section in the silos. Furthermore, five forage-blocks were sampled to get an estimation of how big the fluctuation within and between feed blocks can be. NIR-analysis was used during this study mostly to determine the NDF and crude protein content. The energy of the reflected radiations from the samples was recorded in the infrared region 780-2500nm and the visible region 350-780nm by a spectrometer. The received spectra's were recalculated through a model calibrated against known reference samples. Furthermore, I examined if one can use NIR-analysis on fresh silage to determine DM, NDF and crude protein and thereby adjust the feed composition accordingly to get an as stable milk production as possible. The results shows among other things that through daily adjustment of the feed composition after DM only one can half the feeding errors compared to feeding after one average DM value for the whole silo. To optimize the feed composition requires daily analysis to determine DM, NDF and crude protein.

Introduktion

I mjölkproduktionen från besättningen på Nötcenter Viken ser man tydliga variationer över tiden, från dag till dag. Detta antyder att det finns variationer i grovfodrets kvalitet, då kraftfodret inte ändras i sammansättning eller mängd. Huvudsakligen antas variationen i mjölkavkastning bero på torrsubstans (ts), men även olika kvalitetsparametrar som NDF (Neutral detergent fiber) och råprotein (RP) kan spela in. Faktorer som påverkar ensilagens näringsinnehåll är bland annat väderförhållanden under odlingen, vilken vallblandning som används samt vilken odlings- och skördestrategi som tillämpas.

Nötcenter Viken ligger cirka 1,5 kilometer sydost om Falköping och ägs av Lantmännen och Svensk Avel. Här bedrivs olika försök på bland annat fröblandningar till vall och kombinationer av grovfoder och kraftfoder för att få fram optimala fullfoderstater (beräknad daglig utfodring). På Viken finns cirka 300 mjölkkor av raserna SLB (svensk låglandsboskap) och SRB (svensk röd och vit boskap). Växtodlingen består mest av vallodling och omfattar 280 hektar (Nötcenter Viken, 2006). Vallfröblandningen som använts på vallarna till ensilage är huvudsakligen SW 944 och någon testblandning, men även beten har skördats som ensilage (Johansson, L., personlig kontakt, Nötcenter Viken, 2006).

Syftet med detta projekt var att undersöka variationen i ensilagekvalitet i en plansilo (figur 1) genom att kartlägga variationen för parametrarna ts, NDF och råprotein i det ingående ensilaget till fullfoderblandningen från dag till dag, vanligen sju utskurna ensilageblock (ca åtta ton) med en variation från tre till tio block. Registrerade variationer för de tre parametrarna jämfördes med variationer i mjölkproduktion från dag till dag för att se om det finns något samband. Dessutom togs prover på plansilons snittyta direkt efter utskärning av ensilageblock för att illustrera variationen för parametrarna mellan olika lager i silon. För att visa på möjligheterna att vid praktisk fodertillredning analysera, och åtgärda eller anpassa sig till parametrarnas variation utvärderades även möjligheterna att använda NIR-teknik för direkt analys av färskt ensilage i foderberedningsutrymmet. Vidare undersöktes i befintlig litteratur orsaker till att ensilaget varierar i näringsinnehåll, hur man skulle kunna förhindra denna variation, vallodlingens påverkar på miljön och hur en dåligt balanserad foderstat till kor teoretiskt skulle kunna leda till ökad miljöpåverkan.



Figur 1. Snittyta från en plansilo.

Ensilage

Ensilage produceras av gräs, klöver och andra grovfoderväxter under kontrollerad jäsnings i anaerob (syrefri) miljö och går ut på att gynna de bakterier som bildar mjölksyra, som sänker pH-värdet i fodermassan tills bakterieaktiviteten avstannar. Mjölksyrarajäsande bakterier tål lägre pH-värde än andra mikroorganismer och mjölksyran verkar dessutom som ett gift för mikroorganismer vid lågt pH. Mjölksyrarajäsarna gynnas av att det finns socker i fodret, därför används ibland tillsatsmedel som innehåller socker, t.ex. melass. Andra tillsatsmedel påbörjar en sänkning av pH-värdet. Exempel på sådana är myrsyra som även hämmar en oönskad bakterieflora. Den viktigaste förutsättningen för att ensileringen ska lyckas är att luften avlägsnas snabbt ur fodermassan genom att fodret packas och täcks väl. Skulle inte mjölksyrarajäsarna börja tillväxa genast tar andra bakterier över som bildar ättiksyra och smörsyra. Dessa är inte beroende av socker utan kan använda aminosyror som näring, vilket leder till minskat proteininnehåll i fodret. De kan även ge fler negativa effekter och djuren kan bli sjuka av fodret. När silon sedan öppnas och ensilaget tas ut till utfodring ändras den anaeroba miljön till en aerobisk miljö och därmed försämras ensilagetets kvalitet av tidigare inaktiva mikroorganismer. Detta tar sig vanligen uttryck i en stigande temperatur (McDonald, 1981 & Lärn-Nilsson et al, 2002).

Vallfodret står för cirka 50% av omkostnaderna vid mjölkproduktion. Fodret kan vara egenproducerat eller inköpt (Bergsten et al, 2000). Av allt grovfoder i Sverige består cirka 80% av ensilage. Den vanligaste ensilageformen är storbalar (50-60%), sedan kommer tornsilo (20-25%) och plansilo (20-25%) (Felton, 2002).

För det mesta är det stora variationer i näringsvärde i vallfodret, både mellan olika skördepartier och olika år, därför är det viktigt att utföra analyser på fodrets näringsvärden regelbundet. Ekonomiskt sett är detta viktigt eftersom man annars kan utfodra korna med ett foder med för mycket näring eller energi, som inte ger mer mjölk, eller med ett foder med för lite näring eller energi, som ger mindre mjölk. Förutsättningen för att analysen ska ha något värde är att proverna är representativa. Tex behöver inte ett litet prov som tas i ytlagret av silon representera fodret som finns längre ner i silon (Bergsten et al, 2000).

Mjölkkons näringsbehov

Bland idisslarna är nötkreatur bäst utvecklade för att smälta svårsmältbara växtfoder. En ko har tre förmagar och en magsäck (löpmagen). Förmagarna består av våmmen och nätmagen som fungerar som jäskammare och där fodret finfördelas av mikroorganismer. Det finfördelade materialet kommer sedan till bladmagen där överskott av vatten sugts upp. I löpmagen bearbetas fodret kemiskt med hjälp av magsaftens enzymer och saltsyra, som ger rätt pH-värde för enzymaktiviteten och dödar de flesta bakterier som finns i fodret. Idisslare tuggar fodret slarvigt första gången, därefter stöts grova partiklar upp och tuggas igen. Det mesta av fodret från ett utfodringstillfälle har passerat våmmen och nätmagen efter cirka två dygn, men rester kan finnas kvar upp till fyra dygn. I löpmagen stannar fodret i genomsnitt i cirka fyra timmar. En ko äter 7-8 timmar per dygn och idisslar i 6-7 timmar, ju mer fiber fodret innehåller desto längre tid tar idisslingen (Lärn-Nilsson et al, 2002).

Idisslare är känsliga för förändring i foder och mikrobiella infektioner från fodret. I ett gram våmvätska finns över 20 000 miljarder bakterier, cirka 1 miljon protozoer och en stor mängd svampar. Dessa är essentiella för nedbrytningen av fodret, specialiserade på olika näringsämnen i fodret och bildar olika slutprodukter och anpassar sig efter fodrets kvalitet. Eftersom anpassningen tar tid är nedbrytningen känslig mot förändringar i fodersammansättning och

det nya fodret bör blandas i mer och mer under 2-3 veckor (Pettersson, 1997 & Lärn-Nilsson et al, 2002 & Bergsten et al, 2000).

Mjölken bildas i mikroskopiskt små körtelblåsor, så kallade alveoler, och det krävs flera tusen för att bilda en droppe mjölk. Från alveolerna går mjölken i hårfina gångar som går samman till allt grövre mjölkgångar, som i sin tur mynnar ut i ett hålrum längst ner i jувret och i spe-nen där mjölken samlas. Näringsämnen, till exempel mjölkprotein, mjölkfett och mjölksocker, som finns i mjölken bildas i celler som omger alveolerna (Lärn-Nilsson et al, 2002).

Växtfiber

Fibersedbrytningen sker i våmmen och i grovtarmen (Bergsten et al, 2000). Växtens cellväg-gar består av cellulosa, hemicellulosa och lignin, tillsammans kallas dom växtfibrer och detta kan kon bara bryta ned till en viss del (smältbara fibrer). När växten blir äldre och mognar inlagras lignin i cellväggarna och växten blir förvedad (Lärn-Nilsson et al, 2002). Detta gör att ett sent skördat ensilage ger lägre smältbarhet och energiinnehåll, medan ett mycket spätt foder kan leda till alltför snabb passage och därmed risk för försämrat foderutnyttjande (sänkt mjölkutbyte) och störningar på grund av dålig struktur eller bulkighet i våmmen (Eriksson, 2003).

NDF är ett mått på andelen cellväggar i ett vegetabiliskt fodermedel, vilket är liktydigt med det totala fiberinnehållet (Bergsten et al, 2000). Ett riktmärke för högklassigt vallfoder är cir-ka 500-550 g NDF per kg ts (Eriksson, 2003). Normalt innehåller ensilage till mjölkkor 450-620 g NDF per kg ts, med 530 g per kg ts som ett medelvärde (Svanberg, R., personlig kon-takt, AnalyCen, 2006).

Protein

Alla enkla kväveföreningar och det mesta av fodrets protein spjälkas i våmmen och nätmagen av mikroorganismerna och omvandlas till ammoniak. Våmfloran kan livnära sig på snabbt omsättbara kolhydrater (socker, stärkelse och pektin) och ammoniak och bildar bakterieprote-in. En del av fodrets protein påverkas inte av våmfloran utan passerar vidare till bladmagen och löpmagen. Det opåverkade proteinet och bakterieproteinet bryts sedan ned i tarmen till aminosyror och absorberas till blodet. Överskottet av ammoniak absorberas genom våmväg-gen till blodet och omvandlas till urea i levern, som via blod och saliv återgår till våmmen. En del av kvävet utsöndras via njurarna med urinen (Lärn-Nilsson et al, 2002 & Eriksson, 2003 & Petterson, 1997).

Normalt brukar ensilage till mjölkkor innehålla 140-150 g råprotein per kg ts, med en varia-tion mellan 110 och 170 g per kg ts (Svanberg, 2006). Optimal råproteinhalt till mjölkkor är 130-160 g per kg ts och ensilage med mer än 180 g per kg ts råprotein är inte önskvärt på grund av risk för dålig strukturverkan och för snabb passage genom kon (Eriksson, 2003). En ko som får för lite protein eller för liten mängd av en viss essentiell aminosyra minskar sin mjölkproduktion. Det är inte heller lönsamt att överutfodra med protein för säkerhets skull, då energin i proteinet omvandlas till fett (Lärn-Nilsson et al, 2002).

Orsaker till variationen i foderensilaget

För en mjölkproducent gäller det inte bara att få så stor vallskörd som möjligt, utan också en bra och jämn grovfoderkvalitet så mjölkproduktionen inte blir ojämn på grund av skillnader i egenskaper mellan olika foderpartier. Kvalitetsvariationer kan bero på att fodret kommer från olika ställen på samma fält. Inomfältvariationer i vallskörd och kvalité kan bero på skillnader

inom fält som markegenskaper, topografi och varierande artsammansättning (Nyberg & Lindén, 2002).

Den genomsnittliga kvaliteten blir för det mesta lägre i förstaskörden än i andra eftersom återväxten i regel utvecklas långsammare (Eriksson, 2003). Ju längre skördeperioden är desto mera skiljer sig näringsinnehållet från det först skördade till det sist skördade. Om vädret vid skördetillfället är dåligt eller om ett parti har legat ute länge i dåligt väder sjunker näringsinnehållet (Bergsten et al, 2000).

På baljväxters rötter (t.ex. klöver och lusern) sitter små knölar som innehåller kvävefixerande bakterier. Dessa kan ta upp kväve från luften som omvandlas till kväveföreningar, som växten tar upp genom rötterna och i sin tur omvandlar till protein. De olika grässorter som förekommer på slåttervallar i Sverige har i stort sett samma näringsinnehåll vid samma utvecklingsstadium. Jämfört med baljväxter har gräs mer växtfibrer och mindre mängd protein per kg ts vid normalt skördestadium. Proteinhalten i gräs kan höjas genom kvävegödsling utan att fiberhalten stiger (Lärn-Nilsson et al, 2002).

En tidigare studie på ensilage av Nyberg och Lindén (2002) vid ett vallskifte i västra Sverige visade att andraskörden innehöll mer protein än förstaskörden och att råproteinhalten var lägre där lerhalten var hög. Man fick även höga NDF-värden med medeltal på 560-614 g per kg ts och endast i ett fåtal provplatser uppmätte värden inom riktlinjerna på 450-550 g per kg ts. Detta härledde man till att denna vall alltid skördades sist på gården och att vallen därmed skördades för sent för att kunna få bra NDF-värden. Man kunde även se ett samband mellan NDF-innehåll och gräsart, där timotej fick högst NDF-värde. Råproteinhalten varierade mycket mellan de olika skördetillfällena, men växlade oregelbundet mellan arterna. Slutsatsen var att de små skördevariationerna inom fältet troligen berodde på riklig nederbörd, ganska låga temperaturer och därmed tillräcklig vattentillgång. Regressionsanalys visade att variationerna för bland annat lerhalt, mullhalt och topografi inte påverkade avkastningen signifikant. Därmed beror variationerna inte på en faktor utan på den samlade effekten av ett flertal markfaktorer. Sammansättningen av gräsarter varierade mycket, men varken detta eller variationen i markegenskaper lede till stora variationer i vallfodrets NDF-innehåll. Råprotein varierade mer, även mellan arter. Det var större skillnader i NDF och råprotein mellan skördetillfällena än inom fältet. Råproteininnehållet var minst i förstaskörden, troligen på grund av utspädning av kväve i grödan vid större tillväxt genom att kvävetillgången i marken blev begränsande.

Miljöaspekter i grovfoderkedjan vid grovfoderproduktion

Vallen har betydelse för många arter i jordbrukslandskapet och fungerar som foder, parningsplats, häckningsplats, gömställe, skydd, pollen- och nektarproducent (beroende på vallens artsammansättning). Vallen leder ofta till högre odlad biologisk mångfald jämfört med de flesta andra jordbruksgrödor, då den ofta består av mer än en art. Då en vall oftast ligger mer än ett år har den ett högt värde för flera organismgrupper (Rosqvist, 2003).

Den ökade intensiteten i mjölkproduktionen och specialiseringen har lett till ökade näringsflöden med risk för förluster av näringsämnen till omgivningen. Ökad tillförsel eller tillgänglighet av växtnäringsämnen (kväve och fosfor) orsakar övergödning i sjöar och vattendrag (eutrofiering), vilket innebär ökad biologisk produktion, syreförbrukning och ändrad artsammansättning. Förutom åkermarksläckage kan fosforutsläpp komma från mjölkkrum, gödselvårdsanläggningar och pressaft från ensilering (Greppa näringen, 2006 & Bendz et.al, 2001).

När åkermarken används till vallodling är kväveläckaget lägre än vid öppen odling av grödor,

som t.ex. spannmål och oljeväxter. Flerårig vall är bäst när det gäller att begränsa utlakningen från åkermark. Att jorden inte bearbetas (plöjs) på hösten är den viktigaste orsaken till detta. När vallen väl plöjs ökar risken väsentligt. Medelutlakningen från svensk åkermark är 22 kg N/ha och år, med en variation mellan 10-50 kg N/ha (Cederberg et.al, 2005). Genom ett flertal åtgärder och minskad areal har läckaget från åkermark minskat med ungefär en tredjedel sedan 1985 (SCB, 2007).

Förluster av växtnäringssämnen beror på flera faktorer, dessa kan vara naturgivna (opåverkbara) eller mänskliga (påverkbara). De opåverkbara är jordmånen (sandjordar är mer genomsläppliga för vatten och binder inte näringsämnen lika hårt som lerjordar), marktemperaturen (om marktemperaturen är över fryspunkten mineraliseras och nitrifieras kväve via ammonium till nitrat från mullen i marken) och nederbörden (ju mer vatten som rinner igenom marken desto större utlakning av kväve). De påverkbara är valet av gröda, gödsling och jordbearbetning. Grödor med grunt rotsystem och kort växtperiod med kväveupptag ger störst kväveläckagerisk. Medan grödor med lång växtperiod som tar upp kväve sent på hösten minskar risken för kväveläckage, t.ex. vallodling. Vid gödsling gäller det att både anpassa gödselgivan och tidpunkten för spridningen för att minska förlusten av växtnäringssämnen. Stor läckagerisk finns om stallgödsel sprids på hösten och grödan sås först på våren. Det är även olämpligt att sprida stallgödsel under hösten till höstsådd eftersom det kväve som grödan då behöver finns i marken. Läckagerisken gäller främst för flytgödsel, som innehåller en större andel lösligt kväve än fastgödsel. Det bästa är att anpassa gödselgivan till grödans förväntade näringsbehov. På grund av väderleksförhållanden är det inte lätt att förutsäga skördenivån för enskilda år, därmed finns det risk för överdosering. Riskerna för feldosering är störst vid användning av stallgödsel, eftersom det är svårt att fastställa det växttillgängliga näringsinnehållet. Det finns även strikta regler för när man får sprida gödsel. Jordbearbetning påskyndar mikroorganismernas frigörande av ammonium och ökar därmed risken för kväveläckage. Om jordbearbetningen sker direkt efter skörd blir risken för kväveläckage stor, eftersom det inte finns någon gröda som kan ta upp kvävet. Om jordbearbetningen däremot senareläggs tills marken är kallare och tjälen snart kommer på hösten, eller på våren, minskar risken för kväveläckage (Bendz et.al, 2001).

Under hösten 1954 startade två trettioåriga fältförsök i björkhagsmark på Uppsalaåsen vid Lövstalöt norr om Uppsala. Försöksområdet har varit betesmark i 300 år och anlades för att visa hur vegetationen förändras under lång tid av betning och vid övergång till slåtter eller igenväxning. Fältförsöken anlades på torr respektive frisk mark och varje försök (nötbete, slåtter respektive ingen hävd) bestod av två försöksytor på 160m² vardera i vilka ingen respektive riklig växtnäringstillförsel utfördes. I de ogödslade slåtterrutorna i den torra ängstypen ökade artantalet något jämfört med utgångsläget, medan i den friska ängstypen minskade artantalet. Gödslingen av slåterytorna innebar att artantalet nästan halverades. Dock utvecklades en viss slåtterängsprägel. Den största minskningen i artantal skedde med kombinationen upphörd hävd och gödsling, då det skedde en minskning på 90 % och floran förändrades helt. Även utan gödsling innebar upphörd hävd stora förändringar i samma riktning, där artantalet minskade med ca 50 %. Upphörd hävd leder också till stor förändring av det allmänna utseendet. Successivt kommer fleråriga ogräsarter att börja dominera bestånden och därefter börjar buskar, främst nypon, etablera sig (Fogelfors, 1985).

I en plansilo packas grönmassan genom att köra på den med en tung maskin för att pressa ut all luft. Grönmassan packas bättre om den inte är för torr, vid inläggningen anses ts på omkring 30 % vara lagom. Om grönmassan är blöt bildas det pressvatten, som är vatten i grönmassan som pressas ut i samband med packningen. Pressvattnet är näringsrikt då det innehåller

ler lättlöslig näring och kan därför orsaka igenväxning i vattendrag och därmed fiskdöd på grund av syrebrist. Idag är det förbjudet att släppa ut pressvatten i vattendrag (Lärn-Nilsson et al, 2002).

Miljöaspekter i grovfoderkedjan vid utfodring av mjölkkor

Proteiner är uppbyggda av 20 olika aminosyror, som i sin tur innehåller minst en aminogrupp (NH₂) och därmed kväve (N). Den mängd kväve som finns i fodret och som djuren inte behöver till sina livsprocesser och produktion utsöndras genom gödsel och urin. Vid hantering, lagring och spridning av gödsel avgår ammoniak. Av gödselns totala kvävemängd utgör ammoniakavgången en förlust på ca 30 %. En överoptimerad utfodring med protein ökar kväveinnehållet i gödsel och urin, därmed kan en anpassad utfodring till djurens behov därför minska ammoniakavgången (Bendz et.al, 2001 & Cederberg et.al, 2005 & Lärn-Nilsson et al, 2002).

Kons kväveförluster sker mest i våmmen och endast 60-70 % av kvävet går vidare till tarmen. Om fodret innehåller lite socker använder våmmikroberna de resterande kväverika substanserna (protein) istället som energikälla, vilket leder till ineffektivt kväveutnyttjande som kan ge ökad kvävebelastning på miljön. Hur många procent av fodrets kväve som kon använder kan man enkelt räkna ut (se formel nedan) och därmed hur mycket som utsöndras genom gödsel och urin. Rätt balans mellan energi och kväve kan alltså minska kväveförlusten, därmed bör man eftersträva hög sockerhalt i vallfodret. Det höga sockerinnehållet gör dessutom ensilaget mer aptitligt för korna och konsumtionen ökar, vilket kan leda till minskat behov av kraftfoder. Av det socker som fanns i grönmassan innan ensilering bör en tredjedel till hälften finnas kvar efter ensilering. Sockeret i grönmassan omvandlas till den önskade mjölksyran och andra oönskade syror, t.ex. ättiksyra. Om sockerhalten är låg omvandlar mjölksyrabakterierna mjölksyran till ättiksyra vilket gör fodret oaptitligt. Ett sätt att öka sockerhalten är att välja rätt gräsart, italienskt och engelskt rajgräs har högst sockerhalt medan hundäxing har lägst. Eftersom klöver i huvudsak lagrar sin energi som stärkelse och inte som socker har den en låg sockerhalt (Greppa näringen, 2006).

$$\text{Kväveeffektivitet \%} = \frac{\text{Mängd kväve i mjölk}}{\text{Mängd kväve i foder}} = \frac{\text{Mjolkprotein}/6,38}{\text{Foderprotein}/6,25}$$

Kemisk analys och nära infraröd spektroskopi

NIR-spektroskopi har använts sedan 1979 för att mäta nästan varje parameter som mäts rutinmässigt i ensilage på ett konventionellt laboratorium. Fördelen med NIR-tekniken är att den kan analysera olika beståndsdelar på mindre än en minut och det behövs lite eller ingen provpreparering för analysen. Normalt torkas och mals endast grovfoderproven före NIR-analys på lantbrukslaboratorierna. Ytterligare provpreparering behövs vanligtvis för referensanalyser till kalibreringen (Roberts et al, 2004). Provet belyses och energin i de reflekterade strålarna i det infraröda området 780-2500nm och det synliga området 350-780nm mäts av NIR-instrumentet och registreras i en dator. De erhållna spektrumen räknas om via en modell kalibrerad mot kända referensprov. Svårigheten ligger i att få en tillfredsställande säkerhet på alla prover och att det krävs många referensprover (Bergsten et al, 2000).

Absorptioner i NIR-området är genererade av att vissa kemiska bindningar tar upp energin från givna våglängder genom att olika rörelsemönster alstras. NIR-spektrumet består till stor del av övertoner (harmonier) av fundamentala absorptioner. Antalet möjliga övertoner från en grupp av elementära absorptioner i en molekyl är begränsade till några få, men det finns ett

stort antal kombinationer. I NIR-spektrum kombineras effekterna av absorptionerna och innehåller då bara några få ganska breda toppar (Davies, 2005).

Absorptionen av nära infraröd strålning fungerar på liknande sätt som synligt ljus (grönt gräs absorberar alla färger utom grönt som reflekteras). De olika frekvenserna i ett spektrum motsvaras av en viss energimängd. När detta energikvantum överensstämmer med frekvensen i en bindning absorberar bindningen den och alla andra våglängder reflekteras eller transmitteras, detta påverkar inte bindningen. Eftersom varje $-CH$, $-OH$, $-NH$, $-SH$ och $-C=O$ bindning har en specifik vibrationsfrekvens kan man definiera absorptionsinformationen för ett ämne. Detta sker i tre parametrar: informationens placering i nanometer (våglängder), amplituden (höjd) på absorptionstopparna och bredden på topparna. Genom att mäta det reflekterade ljuset från provet kan man mäta koncentrationen av dessa kemiska bindningar och sammansättningen i materialet. Absorptionsmönstret i ett NIR-spektrum är däremot extremt komplext, många biologiska ämnen innehåller hundratals eller tusentals olika beståndsdelar som innehåller $-CH$, $-OH$, $-NH$, $-SH$ och $-C=O$ bindningar. Komplexiteten ökar genom att den rika informationen är sammanpressad på området 780-2500nm. Ett NIR-spektrum från ett ämne är därför en sammansättning av all kemisk och fysikalisk optisk information av ytlagret. Strålningen tränger bara igenom några millimeter i provet beroende på ytans sammansättning och struktur. Alla ämnen har ett unikt NIR-spektrum, ungefär som fingeravtryck. För att kunna tolka NIR-spektrumen måste man kunna relatera till något, denna information förvärvas vanligen från kemiska laboratorier. Med hjälp av ett antal referensprovers kända värden kan värdena för andra prover förutses via deras NIR-spektrum genom kalibreringar utförd på NIR-spektrum från proverna med kända referensanalyser (Roberts et al, 2004 & Varifrån kommer ett NIR-spektrum?, 2006).

I ett NIR-spektrum är vatten det dominerande kännetecknet hos jordbruksprodukter på grund av dess starka absorptioner i kombinationsbandet 1870-1945nm och det första övertonsbandet 1430-1450nm. Vatten är extremt starkt absorberande av närainfrarött och blöta prov kan därför ge problem vid våglängder längre än 1400nm där vattenbindningarna är starka. Därför torkas gräs och ensilage oftast innan NIR-analys i 60°C för att begränsa alternering (omväxling) av kemiska beståndsdelar. Trots små skillnader i vatteninnehåll ger de tydliga skillnader i NIR-spektrum, därmed är vatteninnehåll i skörd ett vanligt användningsområde för NIR-analys. Dessa kalibreringar brukar ge ett R^2 -värde (korrelationskoefficient) över 0,9 (minst 90 % av variansen i vattenhalt förklaras av NIR-kalibreringen). En annan sak som ofta bestäms med NIR-analys är råprotein som brukar ge korrekta och exakta värden, R^2 överstiger ofta 0,95. Detta beror på starka NH-absorptioner i NIR-regionen och den relativt höga koncentrationen av råprotein. Fiberhalten kan uppskattas med NIR tack vare variationer i $-CH$ och $-OH$ absorptioner (Roberts et al, 2004).

Roberts et al (2004) sammanställde ett flertal olika rapporter där man använt NIR-analys för att förutspå innehållet av olika näringsämnen i ensilage. Här kan man läsa att R^2 -värdet för modellerna på torkade och malda ensilageprover normalt ligger mellan 0,75 och 0,95 för bland annat ts och protein. Analys av färska prov gav generellt ett lägre R^2 -värde. NIR-analys på en mycket heterogen samling torkade växter och prediktion av NDF med PLS (partial least squares regression) har tidigare gjorts av Stenberg et.al (2005), som då fick ett R^2 -värde på 0,94 och RMSEP (medelavvikelsen mellan mätt och NIR-bestämt värde i valideringen) på 58,7 g per kg ts. Här undersöktes inte protein utan kväve istället, men genom att multiplicera kväve med 6,25 fås ensilagens proteininnehåll. R^2 -värdet blev 0,97 och RMSEP 2,7 g per kg ts (protein = 2,7 * 6,25 = 17 g per kg ts). NIR-analys på färskt ensilage har gjorts av Stenberg et.al (2007) som fick R^2 -värden på 0,98 och RMSEP på 1,72% för ts, för NDF blev R^2 0,90

och RMSEP 20,2 g per kg ts och för råprotein blev R^2 0,93 och RMSEP 6,7 g per kg ts. Man gjorde även tester på torkade och malda prover och fick då R^2 - och RMSEP-värden på 0,94 respektive 14,9 g per kg ts för NDF och 0,95 respektive 5,6 g per kg ts för råprotein. Dessa värden antas som riktlinjer för bra modeller i denna undersökning och modeller med avsevärt sämre värden anses som misslyckade.

Metoder

För att kunna fastställa hur ensilaget varierade beträffande ts, NDF och råprotein mellan utfodringarna dag för dag, över snittytan i plansilon vid två tillfällen och inom och mellan varje ensilageblocken vid ett tillfälle, togs prover i två olika plansilos i samband med uttag på Nötcenter Viken. I den första plansilon lagrades skörden från ett skifte med vallfröblandningen SW 944 bestående av 10 % rödklöver, 5 % vitklöver, 45 % timotej, 20 % ängssvingel och 20 % engelskt rajgräs, ett skifte med en testblandning och ett bete som slagits till ensilage, de två sistnämnda med okänt innehåll. I den andra plansilon lagrades skörden från ett skifte med SW 944 och ett med en blandning av SW 944 och klöver (Johansson, L., Nötcenter Viken, 2006).

Provtagning

Ensilage till fullfoderblandning togs dagligen ut ur plansilon med en lastmaskin och en så kallad uttagare (figur 2). Denna har spett längst fram som trycks in i ensilaget, sedan fälls överdelen bestående av knivar ned som då skär ut ett ensilageblock som innesluts i uttagaren. Ensilageprover togs i samband med uttag ur plansilon genom att slumpvis ta sju ”nävar” ur varje ensilageblock, totalt cirka ett kilo prov. Dessa prov togs av samma person på Viken för att minimera risken för variation mellan proven beroende på skillnader i provtagningsätt mellan olika personer. Därmed togs prov fem dagar i veckan under perioden 26 januari till 20 april med vissa undantag vid tidsbrist. Dessa prover användes sedan till att fastställa ensilagens variation beträffande ts, NDF och råprotein över tiden.

När ensilageblocken var nyuttagna tog jag ensilageprover på plansilons snittyta vid två tillfällen. Provpunkterna markerade jag på den nya snittytan med pinnar, se figur 3, och mätte sedan ut dessa enligt ett koordinatsystem. Anledningen till att snittytan skulle vara färsk var att ensilaget mellan uttagningarna annars ligger öppet och torkar på ytan, vilket ger ett felaktigt resultat. Emellertid tog jag några dagsgamla prov på snittyterna p.g.a. tidsbrist, se bilaga 1. Ytskiktet skrapade jag av på snittytan innan provet togs för att i största möjliga mån likna en färsk snittyta. Vid jämförelse av prover tagna på en dag gammal snittyta med färsk snittyta kunde jag inte se ett klart samband mellan provpunkter med lägre ts och gammal snittyta. Prov tagna på gammal snittyta har generellt sett lägre ts, men även några av de högsta ts värdena återfinns här så det går inte att utesluta att dessa punkter skulle ha gett höga värden även vid färsk snittyta. Jag tog sex prov på varje snittytan som ett block lämnade efter sig vid uttagningen, med viss förskjutning i höjddled (y) för att täcka in så stor del av variationen som möjligt. Alltså varierade placeringen på provpunkterna mellan blocken för att kunna ta prover på så många inläggningslager som möjligt. I sidled togs proverna över varandra med samma x-koordinat, alltså tre olika x-koordinater på varje blocks snittyta, som är samma för alla blockens snittytor (5 st) i samma stapel (figur 4). Varje prov lade jag i en påse som markerades med ett nummer för vilket blocks snittyta det kom ifrån och en bokstav för var i blockets snittyta det var taget. Jag provtog två hela snittytor (en från vardera silon), snittyta 1 under 6-8 februari cirka 23,2 meter in i plansilon och snittyta 2 under 20-21 mars cirka 11,3 meter in i plansilon. Dessa prover använde jag sedan till att ta fram figurer över hur snittyterna varierade beträffande ts, NDF och råprotein.

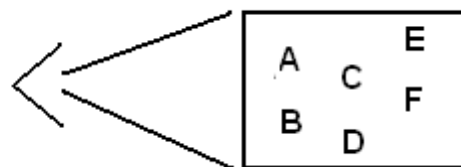


Figur 2. Uttagare för ensilage i plansilo.



Figur 3. Snittyta från sidan med pinnar som markerar var prover ska tas.

1	6	11	16	21
2	7	12	17	22
3	8	13	18	23
4	9	14	19	24
5	10	15	20	25



Figur 4. Bilden till vänster visar de olika blocken på snittytan och bilden till höger visar hur proverna togs inom blocken.

Variationen i och mellan de enskilda uttagna ensilageblocken vid ett uttagningstillfälle studerades också. Jag tog prov från varje ensilageblock i samband med att det dagliga provet togs genom att ta dubbelt så stor ”näve” och dela denna mellan det dagliga provet och ett blockprov. Till det dagliga provet togs sju ”nävar” från varje ensilageblock och därmed fås sju blockprov från varje ensilageblock. Varje prov märktes med blocknummer och bokstav för att kunna skilja på de olika proven vid vidare analys. Totalt togs 35 blockprov ur en stapel (fem block) den 31:e januari, ca 20 meter in i plansilon.

Alla prover märktes med tara (påsens vikt), vikt och fryste sedan in i väntan på analys.

Provberedning

På SLU i Skara tinade jag proverna och vägde dem för att se om något hade gått förlorat under frysningen. Ungefär hälften av provvikterna var oförändrade och majoriteten låg inom intervallet $\pm 0,3$ gram, med några få undantag. Eftersom de flesta prover hade liten eller ingen viktförändring och prover med större förändring huvudsakligen hade ökat i vikt antog jag att provernas ts inte vara påverkad av frysningen. På de dagliga proverna mätte jag NIR på färskt (tinat) prov i rumstemperatur utan ytterligare provberedning.

Alla ensilageprover torkade jag därefter i 60°C i ca två dygn på en tarad numrerad folieform. Provernas vikter noterades och det torkade provet vägdes. Från det torkade provet tog jag ett stickprov genom att ta flera små ”nypor” här och där över hela provet, som lades på en tarad

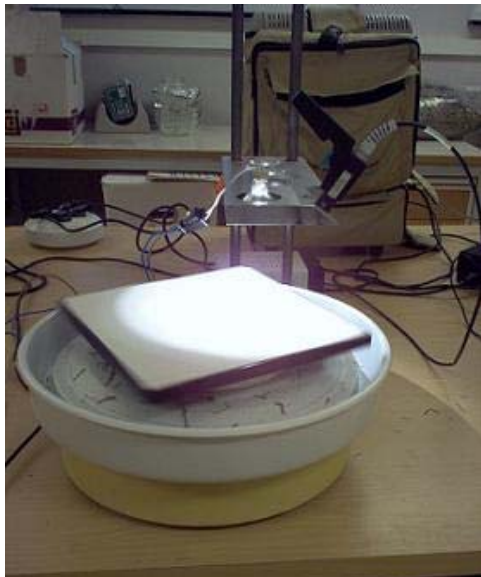
folieform och vägdes. Sedan torkades stickprovet i 105°C i ca ett dygn. De resterande proverna som torkats i 60°C lade jag i plastpåsar och märkte med typ av prov och nummer enligt tidigare märkning för kemisk analys. Utifrån värdena man fick vid de två olika torkningarna efter att ha dragit av taran kunde jag räkna ut t_s .

$$t_s = \frac{\text{vikt torkad } 60^\circ \text{ C (g)}}{\text{vikt färsk}} \times \frac{\text{vikt torkad } 105^\circ \text{ C (g)}}{\text{vikt stickprov}}$$

På AnalyCen i Lidköping malde jag proverna som torkats i 60°C (partikelstorlek < 1 mm). De dagliga proverna delades på två prover, en del överlämnades till AnalyCen för våtkemiska analyser för att bestämma NDF och råprotein. Den andra delen tog jag till SLU i Skara liksom alla snittyta- och blockprov för NIR-analys. Värdena från NIR-analysen på snittyteproverna överförde jag till dataprogrammet Unscrambler och använde funktionen PCA (Principal Component Analysis) för att få en bild av hur de olika spektra förhöll sig till varandra. Dessa förhållanden speglar variationsrymden i NIR-spektrum och en uppsättning prover som bäst täckte upp denna variation valdes ut som referensprover för våtkemiska analyser tillsammans med proverna från det dagliga uttaget. För snittyta ett valdes 24 prov och för snittyta två 16 prov.

NIR-analys

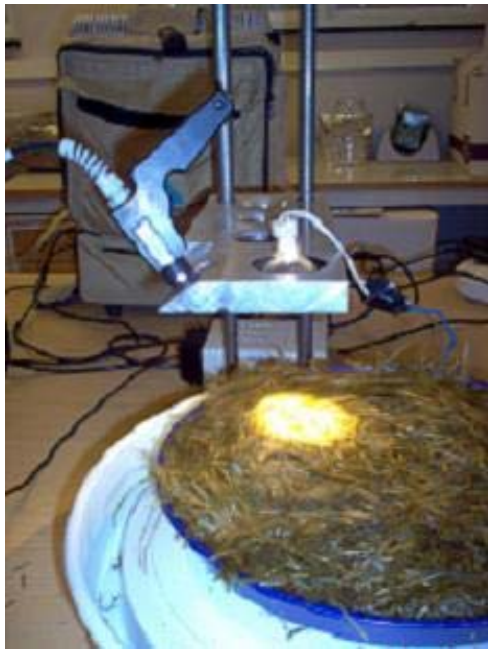
NIR-spektra påverkas av omgivningen, temperatur, andra ljuskällor i rummet än NIR-instrumentets mm. Därför började jag med att ta en så kallad vit referens genom att läsa av ett spektrum från en speciell vit platta (figur 5), vars yta reflekterar 95-99% inom NIR-området (Roberts et al, 2004). Den vita referensen ges reflektansen 1 och utgör maxnivån. Reflektansen från proven mäts sedan relativt denna. Vit referens tog jag mellan varje avläsning av färskt prov och mellan cirka var femte prov för de torkade proverna.



Figur 5. Avläsning av vit referens med NIR-instrument.

Det färskaste dagliga provet lade jag i en balja och blandade om. Sedan tog jag ett flertal stickprov jämt fördelat över provet och lade på en plåtbricka (30 cm Ø) och ytan jämnades till. När jag avläst och sparat ett NIR-spektrum vändes provet upp och ned som en pannkaka

till en ny plåtbricka och ytterligare ett NIR-spektrum avläses för att täcka in variationen i provet bättre (figur 6).



Figur 6. Avläsning av färskt prov med NIR-instrument.

På de malda proven utförde jag NIR-analys genom att lägga det malda provet i en petriskål (12 cm Ø) och jämnade till med en sked. För att förhindra att mindre partiklar skulle koncentreras i botten skakade jag inte provytan jämn. När ett NIR-spektrum avlästs och sparats rörde jag om provet och avläste ytterligare ett NIR-spektrum för att täcka in variationen i provet bättre (figur 7).



Figur 7. Avläsning av maltat prov med NIR instrument.

Analysutförande på AnalyCen

NDF-innehållet bestämdes genom att cirka ett gram av det malda provet lades i ett så kallat fiberrör tillsammans med 50ml NDF-lösning (innehållande dinatriumborat, EDTA, dinatriumvätefosfat, natriumdodekylsulfat, trietyleneglykol och destillerat vatten) och skakades om. Provet ställdes i värmeskåp i 85°C i 20 timmar. Sedan avlägsnades vätska och provet sköljdes med hett vatten och därefter med aceton. Sen torkades provet i 105°C över en natt och vägdes efter avsvälning. Det som återstod av provet föraskades sedan genom att stå i cirka 525°C i 3 timmar och vägdes efter avsvälning. NDF kunde sedan beräknas (Svanberg, 2006):

$$\text{gram NDF per kg ts} = \frac{\text{torkat prov (g)} - \text{inaskat prov (g)}}{\text{provets startvikt (g)}} \times 1000$$

Instrumentet Kjeltec Auto Sampler System 1035 Analyzer användes för att ta fram ensilageets innehåll av råprotein. Cirka ett gram av provet lades i ett provrör tillsammans med 12ml svavelsyra och två stycken Kjeltabs CK (3,5 g kaliumsulfat och 0,4g Kopparsulfat). Provröret sätts i ett ställ på ett värmeblock på 400-420°C i 60 minuter under bildandet av ammoniumsulfat. Efter tillsats av natriumhydroxid destilleras i instrumentet ammoniak över till ett kärl innehållande borsyra. I den sura miljön övergår ammoniak till ammoniumjoner. Bestämning av ammoniumjoner i destillatet sker därefter genom en återtitrering med saltsyra (kolorimetrisk titrering). Råprotein beräknas sedan av instrumentet enligt följande (Svanberg, 2006):

$$\text{Råprotein} = 6,25 / ((\text{volym titrerad syra (ml)} - \text{blankprov (ml)}) \times 0.140 \times \text{invikt (g)})$$

Blankprov = Analys av 50ml avjoniserat vatten utgör blankvärde i Kjeltec Auto Sampler System 1035 Analyzer

Kemometri

De NIR-spektrum som togs på ensilageproverna överförde jag till dataprogrammet Unscrambler för vidare bearbetning. På varje prov utlästes två NIR-spektrum vilkas medelvärde jag beräknade varvid data reducerades till ett spektrum per prov. För att tydliggöra små variationer i spektrumen tog jag fram första och andra derivatan (figur 8). Genom att använda funktionen PCA kunde jag se hur provernas spektrum förhöll sig till varandra och om någon stack ut. Avvikande prov uteslöts ur modellen inför vidare beräkningar, detta gällde ett dagligt prov från 2006-04-18 som avvek kraftigt. De värden för ts, NDF och råprotein som tagits fram genom torkning på SLU och analys på AnalyCen förde jag också in i programmet för respektive prov.



Figur 8. Andra derivatans NIR-spektrum för det dagliga provet den 20 april. På x-axeln står våglängderna i nm.

Idén bakom PLS (partial least squares regression) är att finna linjära kombinationer (komponenter eller faktorer) bland X-värdena (NIR-spektrum) och att bara använda dessa linjära kombinationer i regressionsmodeller. På detta sätt förkastas irrelevant och instabil information och bara den mest relevanta delen av X-variationen används för regression. Detta leder till god förmåga att förutse resultat (Y-värden), även vid relativt få observationer, vilket gör PLS till en av de bästa kemometriska metoderna som används inom spektroskopi (Noes et.al, 2002 & Sjaunja, 2005).

Prediktionsmodeller för ts, NDF och råprotein kalibrerade jag med PLS. För validering av kalibreringarna använde jag korsvalidering. Under korsvalideringen hålls ett prov åt gången utanför kalibreringssetet och predikterades, på detta sätt kan alla prover användas till både kalibreringen och validering och den slutliga kalibreringen är en medelkalibrering. På detta sätt testades hur bra och stabil modellen var. Bl.a. kunde jag se i ett diagram hur de mätta värdena förhöll sig till de NIR-bestämda i korsvalideringen. Överensstämmelsen beräknades som förklarad varians (R^2) och ”Root Mean Squared Error of Prediction (RMSEP), vilket utgör medelavvikelsen mellan mätt och NIR-bestämt värde. Regression utförde jag på ts, NDF och råprotein separat för att få fram en modell över varje parameter. Även här tog jag bort avvikande prov från beräkningarna för att göra modellerna bättre, ett sådant prov var det dagliga provet från 2006-02-01 som var osannolikt högt när det gällde modellen för råprotein. När modellerna såg bra ut använde jag funktionen ”Prediction” för att bestämma NDF och råprotein även för de prover som inte bestämts med referensmetoderna. För detta använde jag kalibreringarna gjorda på NIR-spektrum från torkade prov.

Geostatistik

För att omvandla provpunkterna med olika värden för ts, NDF och råprotein i snittytor till kontinuerliga kartor utförde jag interpolation i dataprogrammet ArcGIS. Efter att ha fört över värdena till programmet använde jag verktyget Geostatistical Analysis och Geostatistical Wizard valdes för att kunna interpolera mätdata. Sedan valdes filen över koordinaterna för provpunkterna på snittyta ett, data som skulle interpoleras t.ex. ts och interpoleringsmetoden IDW (inverse distance weighting) och funktionen Optimize Power Value. Nu framträdde en bild över hur ts varierade över snittytan, sen upprepade jag momenten för NDF respektive råprote-

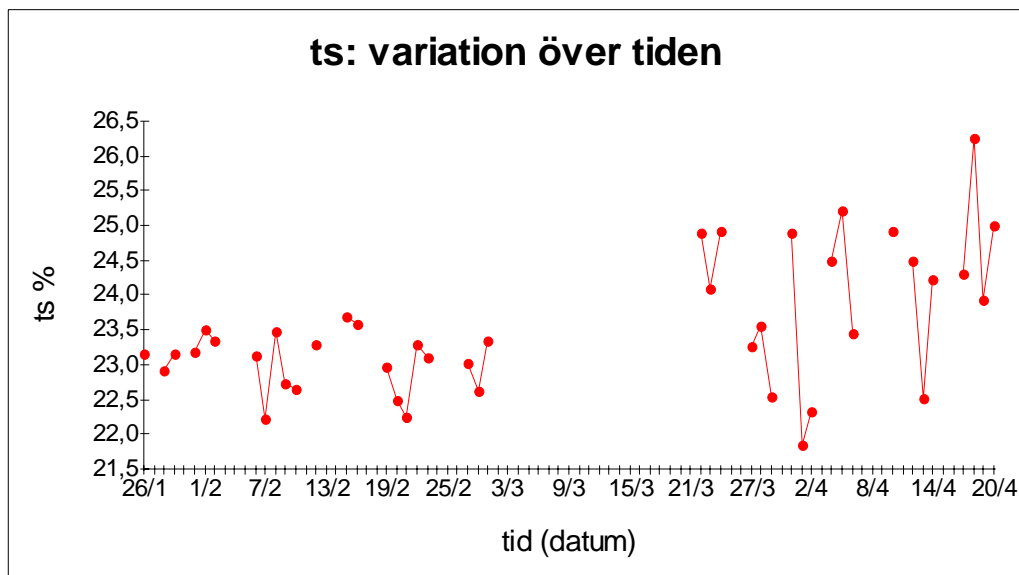
in och snittyta två. Nackdelen med denna metod är att prov med starkt avvikande värden ger en ring runt denna punkt, resulterande i en ”prickig” yta. Gränsvärdena för dom olika färgskikten på de olika kartorna är inte jämt fördelade över värdenas intervaller, utan dessa valde jag så att variationen framhövdes på bästa sätt. Samma gränsvärden valdes för snittyta ett och snittyta två för ts, NDF respektive råprotein så att dom går att jämföra (Söderström, M., personlig kontakt, SLU i Skara, 2007).

IDW förutspår ett värde för en omätt punkt med hjälp av omkringliggande mätvärden, där närliggande värden får större betydelse än de som ligger längre bort. Power Value påverkar betydelsen av de mäta punkterna för de interpolerade punkterna, när avståndet mellan de uppmäta provpunkterna och de interpolerade punkterna ökar minskar vikten exponentiellt. Optimize Power Vaule bestäms genom att minimera RMSEP. Genom att interpolera fram värden för de uppmäta punkterna (en i taget) och sedan jämföra dessa, utifrån felvärdena fås RMSEP (Söderström, M., personlig kontakt, SLU i Skara, 2007).

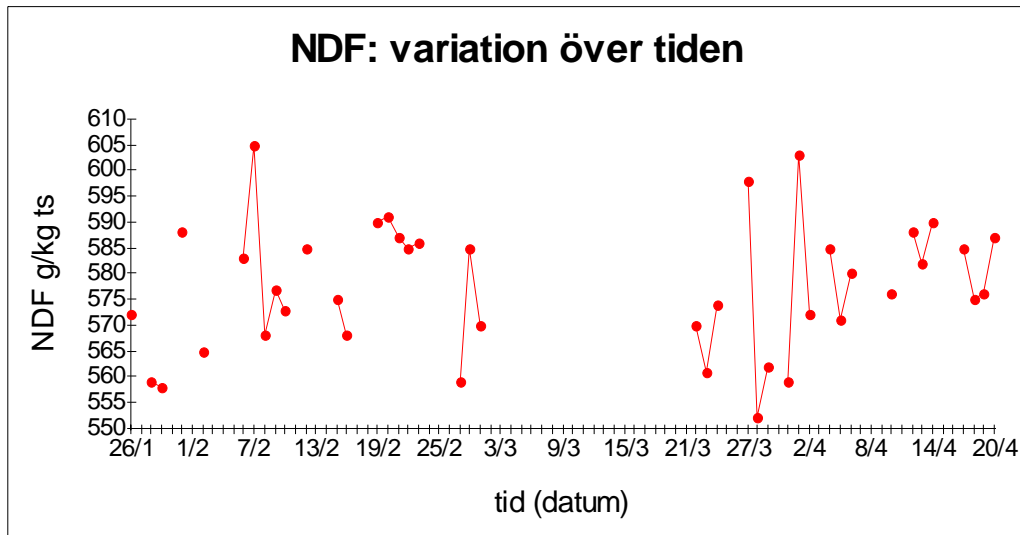
Resultat

Variation i ensilaget beträffande ts, NDF och råprotein

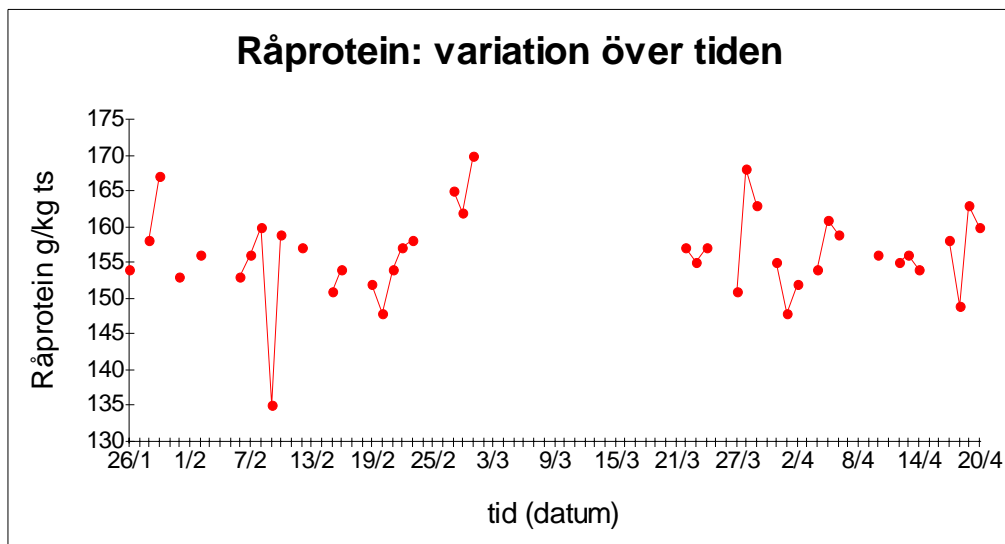
I figur 9-11 visas hur ts, NDF respektive råprotein varierade (utifrån de på AnalyCen analyserade värdena) under provtagningsperioden för de dagliga proverna. Den femte mars öppnades en ny silo, till vänster ses den första silons värden och till höger ses den andra silons värden.



Figur 9. Visar hur ts-halten varierar för de dagliga proverna under perioden 26 januari till 20 april. Varje punkt markerar ett provtagningsstillfälle och linjerna länkar samman prov som tagits i följd.



Figur 10. Visar hur NDF varierar i de dagliga proverna tagna under perioden 26 januari till 20 april. Varje punkt markerar ett provtagningsstillfälle och linjerna länkar samman prov som tagits i följd.



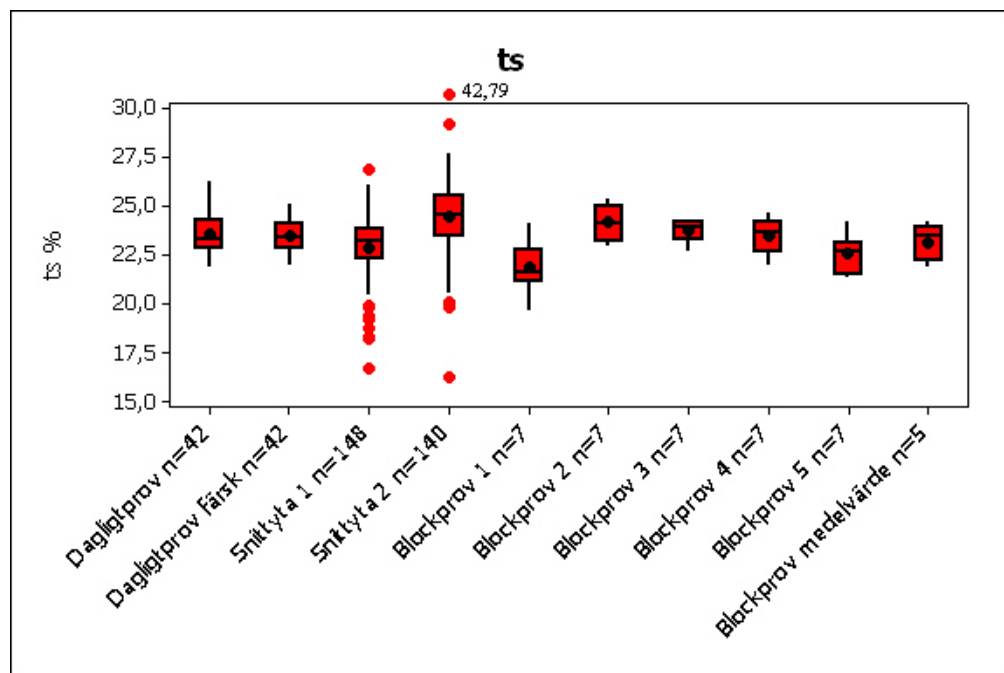
Figur 11. Visar hur råprotein varierar i de dagliga proverna tagna under perioden 26 januari till 20 april. Varje punkt markerar ett provtagningsstillfälle och linjerna länkar samman prov som tagits i följd.

Utifrån referensprovernas (analyserade prover) värden och NIR-data från torkade prover kalibrerade jag en PLS-modell och beräknade utifrån den värden för NDF och råprotein för de övriga proverna (bilaga 1). I tabell 1 kan man se att R^2 är relativt högt och RMSEP-värdena är i klass med tidigare kalibreringar (Roberts et al. 2004; Stenberg et al. 2005; Stenberg et al. 2007) för både NDF och råprotein och därmed ansåg jag att kalibreringarna vara tillförlitliga enligt tidigare antaganden.

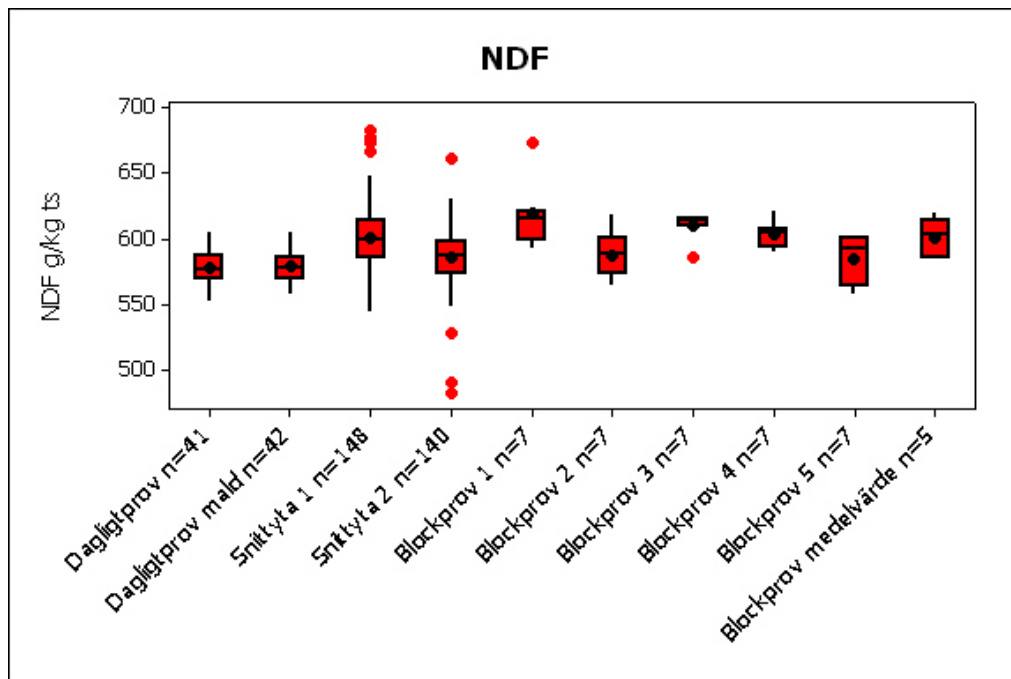
Tabell 1. R^2 och RMSEP värden för kalibreringen av NDF och råprotein på torkade och malda prover.

	R^2	RMSEP (g/kg ts)
NDF	0,803	12,76
Råprotein	0,789	5,19

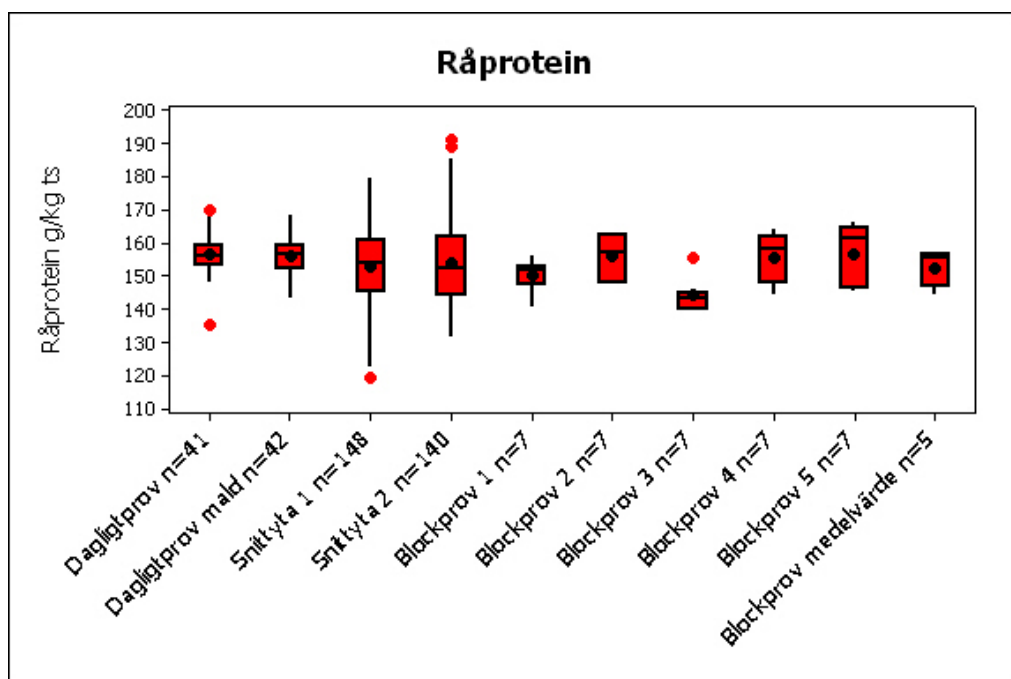
I figurerna 12-14 kan man se hur ts, NDF respektive råprotein varierade för de olika provtagningssätten, där de flesta värdena är bestämda med hjälp av NIR-kalibreringar utifrån de analyserade proverna. För blockproven visas varje blocks värden var för sig och man kan tydligt se att de olika blocken skiljer sig markant från varandra. I blockprov medelvärde visas varje blocks respektive medelvärde. 75 percentiler av provvärdena är lägre eller lika med värdet för toppen av boxen (Q3) och 25 percentiler av provvärdena är lägre eller lika med värdet för botten av boxen (Q1), alltså ligger 50 % av proverna inom boxen. Övre gränsvärdet för den vertikala linjen beräknas: $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$ och det undre gränsvärdet beräknas: $Q1 - 1,5(Q3 - Q1)$. Värden över respektive under dessa värden anses vara starkt avvikande och markeras som röda punkter. Medelvärdet visas som en svart punkt i boxen och medianen som en vågrätt linje genom boxen.



Figur 12. Visar hur de olika provens ts värden skiljer sig från varandra. Endast värdena för dagligtprov färsk är framtagna med PLS-modellen, övriga ts-värden är framräknade utifrån torkningen av proverna.

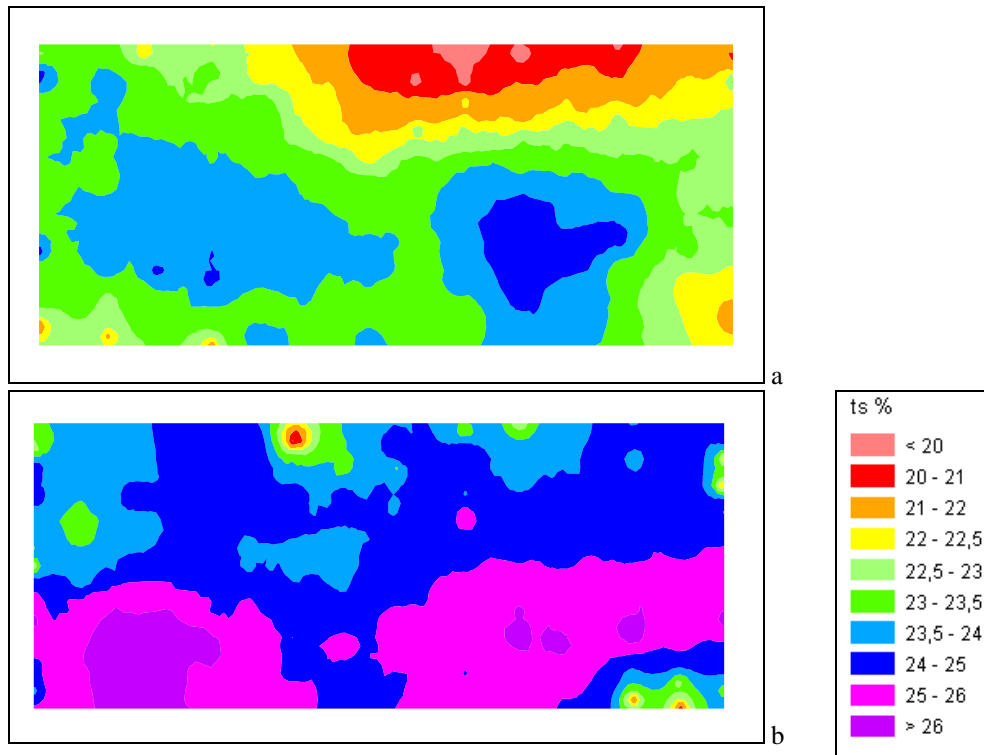


Figur 13. Visar hur de olika provens NDF innehåll skiljer sig från varandra. Där alla värden är bestämda med en PLS-kalibrering från de 42 dagligproven och referensprover från snittytan. Dagligt prov är emellertid framtagna på AnalyCen, där värdet för den 1:e februari som ansågs orimligt är borttaget.

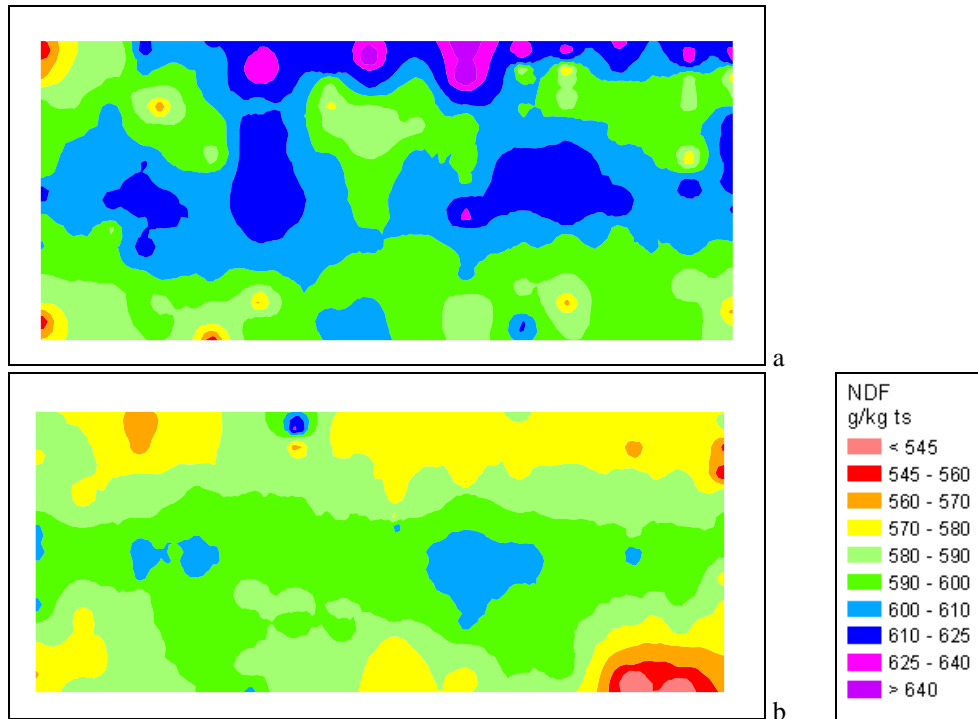


Figur 14. Visar hur de olika provens råprotein innehåll skiljer sig från varandra. Där alla värden är bestämda med en PLS-kalibrering från de 42 dagligproven och referensprover från snittytan. Dagligt prov är emellertid framtagna på AnalyCen, där det orrealistiska värdet för den 1:e februari som ansågs orimligt är borttaget.

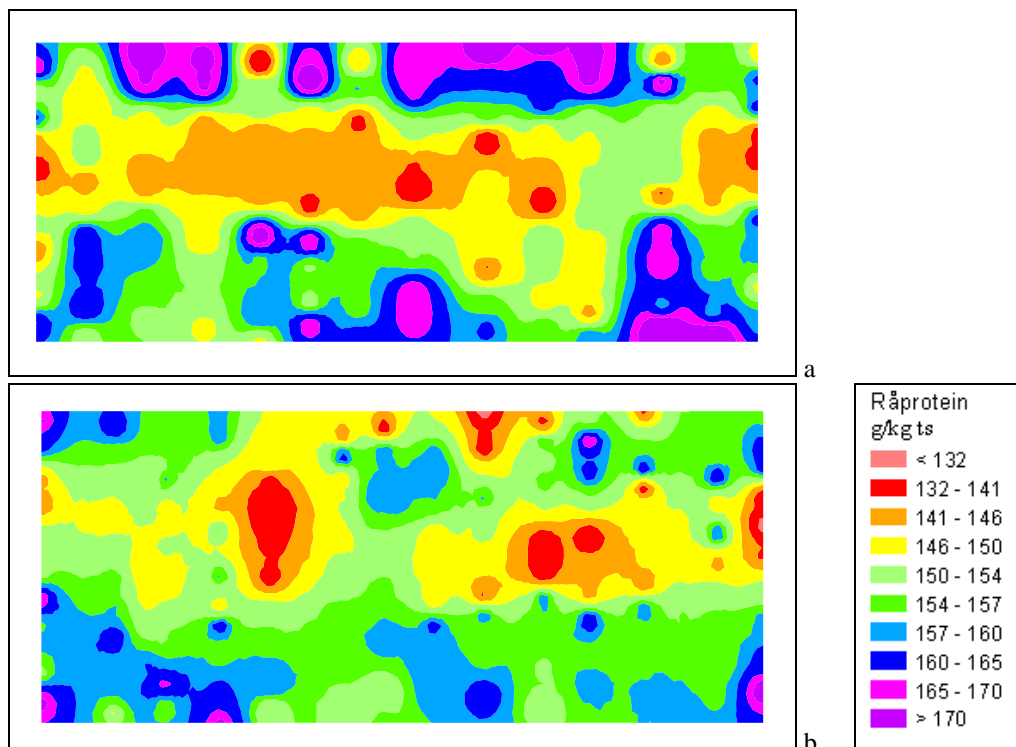
Nedan visas hur ts (figur 15a och b) varierade över de två olika snittytorna och man kan se att snittyta två är blötare än snittyta ett. Gemensamt för snittytorna är att botten och mittenpartierna innehåller minst vatten och att de övre lagren är blötast, vilket är förvånande då pressvatten rinner nedåt. En förklaring skulle kunna vara att silona inte är tillräckligt blöta för att pressvatten skulle bildas, utan i stället har vattenånga som bildas vid mjölksyrarjäsningen stigit uppåt och kondenserat mot plasten. I figurerna 16a och 16b visas hur NDF varierade och man kan se att snittyta ett tycks ha högre värden än snittyta två. Snittyta ett har de högsta värdena i mitten och toppskiktet, medan de höga värdena ligger relativt centrerade i snittyta två. När det gäller råprotein (figur 17a och b) är snittytorna relativt lika, dock tycks snittyta två ha något högre råproteinhalt än snittyta ett. Här kan man även tydligt se det ”prickiga” utseendet som interpolationstekniken IDW kan ge vid starkt avvikande värden för enstaka provpunkter.



Figur 15. Visar hur ts-halten varierar över a) snittyta 1 och b) snittyta 2



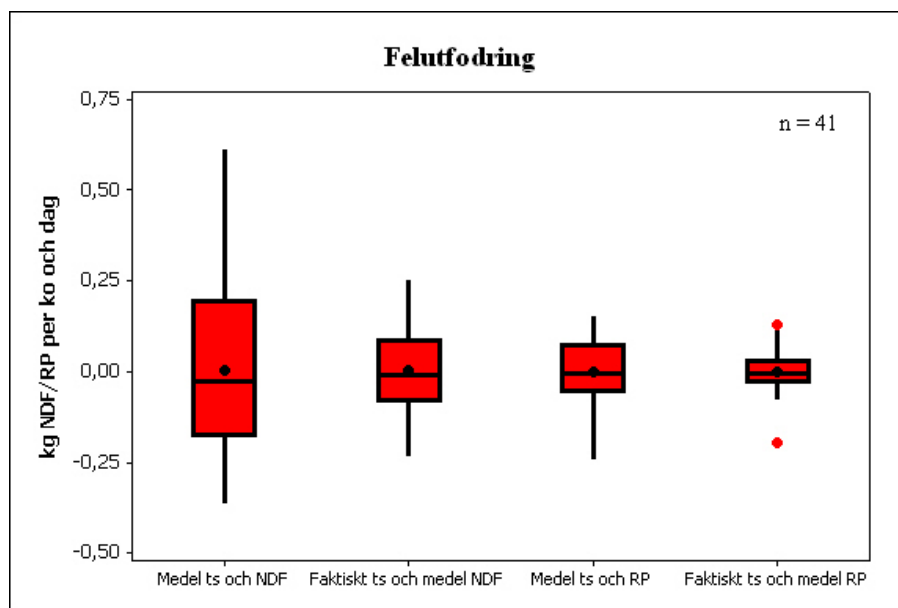
Figur 16. Visar hur NDF varierar över a) snittyta 1 och b) snittyta 2.



Figur 17. Visar hur råproteinhalten varierar över a) snittyta 1 och b) snittyta 2.

På NötCenter Viken fick varje ko i genomsnitt cirka 9 kg ts ensilage per dag under provtagningsperioden (Johansson, L., personlig kontakt, Nötcenter Viken, 2006), vilket motsvarar

38,3 kg ensilage i medelmängd. En gång i veckan togs ts-prover för att reglera utfodringsmängden, därmed antogs att NDF och råprotein följer ts-halten i ensilaget relativt bra. För att undersöka om detta antagande stämmer beräknade jag hur mycket NDF respektive råprotein en ko faktiskt fick i sig per dag om hon åt 40 kg ensilage utifrån de dagliga provernas analyserade värden. Sedan beräknade jag den mängd som hon antogs få i sig utifrån medelvärdet för ts (23,5%), NDF (5,44 kg) och råprotein (1,49 kg). Detta kan jämföras med ett stort stickprov på hela silon, som är vanligt då många bönder tar ett prov från varje ensilagevagn som töms i silon för att fastställa näringsinnehållet i hela silon. Genom att subtrahera den faktiska utfodringen med den antagna fås ett mått på hur mycket fel man utfodrar med denna metod (skillnaden till faktiskt intag). Detta sätt att endast ta ett prov på silon och utfodra utifrån dessa värden leder här till en felutfodring för NDF på cirka +6% till -10% och för råprotein på cirka +20% till -9%. Om man istället reglerar utfodringen efter ts dagligen beräknas det antagna intaget med faktiskt ts-halt och medelvärde för NDF respektive råprotein, eftersom dessa även här är värden från ett stickprov. På detta sätt skulle man minska felutfodringen för NDF till cirka $\pm 5\%$ och för råprotein till cirka +16% till -8% (undantaget de två starkt avvikande proverna cirka $\pm 6\%$). Figur 18 visar skillnaderna till faktiskt intag vid beräkning med endast medelvärden eller med faktiskt ts och medelvärden för NDF respektive råprotein. Alltså felutfodringen i form av skillnaden mellan hur många kilo NDF respektive råprotein man tror en ko får per dag och hur mycket hon faktiskt får. Genom att jämföra boxarna i grafen kan man se att felutfodringen minskar till ungefär hälften om man reglerar utfodringen efter ts-halten dagligen. Men att reglera efter ensilagens ts-halt ändå inte ger optimal utfodring.

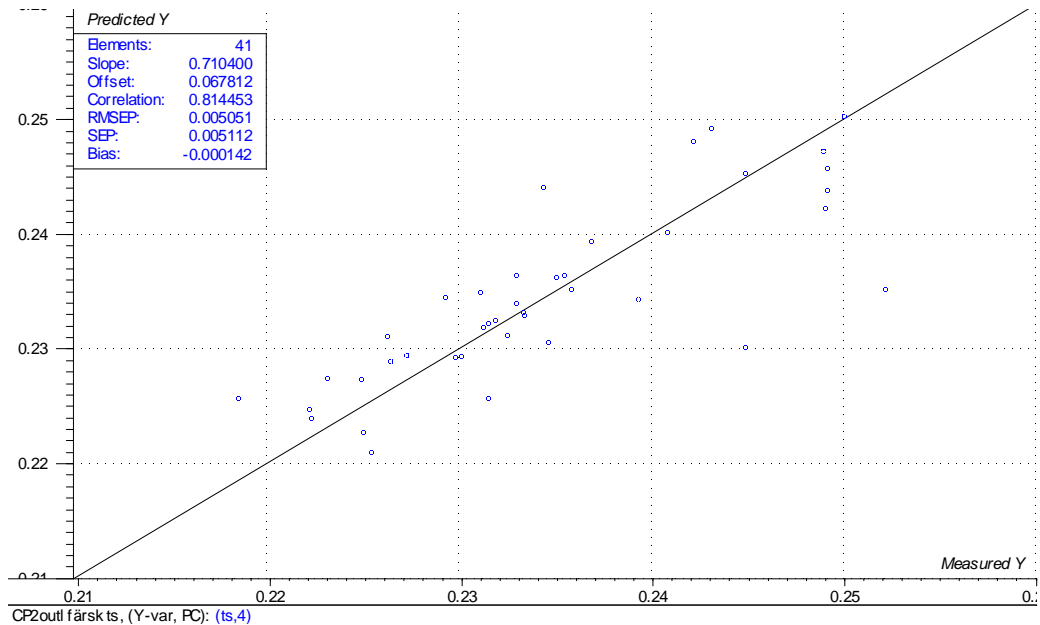


Figur 18. Spridningen på skillnaden mellan hur mycket NDF respektive råprotein en ko faktiskt äter per dag jämfört med hur mycket man antar att kon äter beräknat på endast medelvärden eller med faktiska värden på ts och medelvärden på NDF respektive råprotein.

NIR-kalibreringar för kvalitetsbestämning i färskt ensilage

Någon bra modell för NDF och råprotein på färska prov som representerade den dagliga utfodringen gick inte att få fram, R^2 -värdena var nära noll. RMSEP däremot var 14,2 och 5,33 g/kg ts för NDF respektive råprotein vilket är fullt jämförbart med RMSEP-värdena för torkat prov från snittytorna och ensilageblocken. Orsaken till detta var att spridningen mellan de dagliga proven var så liten jämfört med i snittytorna och att RMSEP-värdena i stort sett motsvarade standardavvikelsen för respektive parameter.

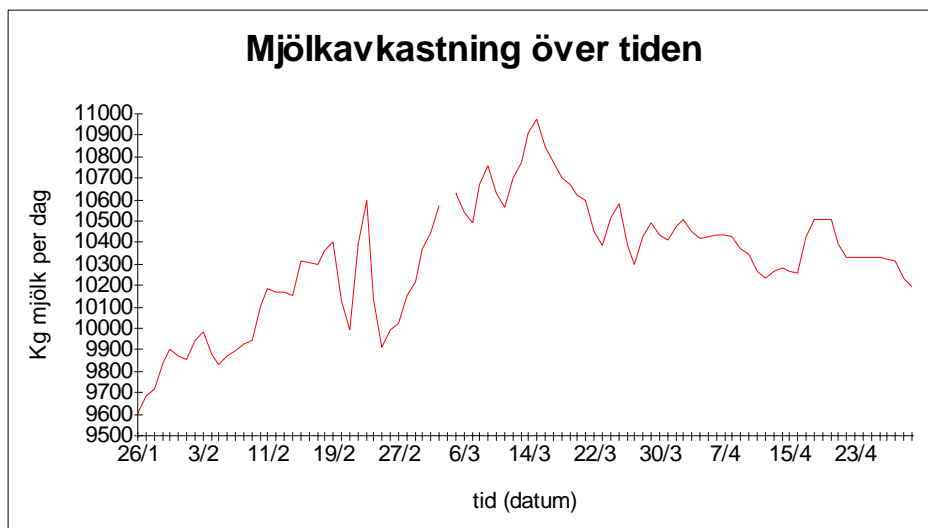
Modellen över ts för färska prover fungerade betydligt bättre och visas i figur 19, där de analyserade värdena ställs upp mot de av modellen genom korsvalidering predikterade värdena. I rutan kan man utläsa korrelationsvärdet och därigenom fastställa R^2 till 0,663 och RMSEP är 0,5 %-enheter.



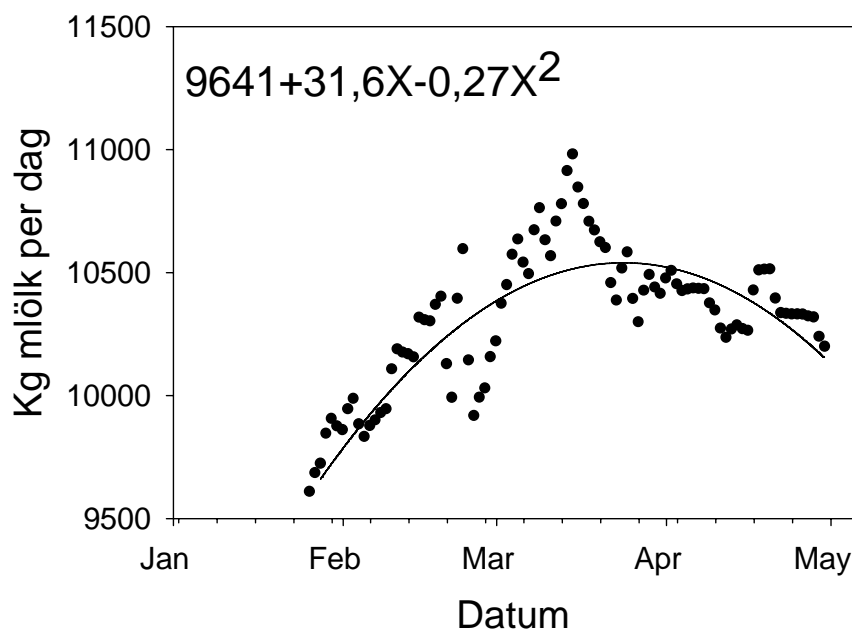
Figur 19. PLS-plot över modellen för ts på färska prover.

Koppling mellan variationen i foderensilaget och variationen i mjölkavkastning

I figur 20 kan man se hur mjölkavkastningen har varierat under provtagningsperioden. Denna variation beror inte enbart på ensilagens varierande sammansättning utan påverkas av en mängd olika faktorer, t.ex. antal mjölkande kor, var i laktationsperioden de befinner sig mm. Antalet mjölkande kor ökade generellt under provtagningsperioden med en topp i början av mars, minskade sedan och i slutet av perioden var det 14 fler mjölkande kor än vid starten (Johansson, L., personlig kontakt, Nötcenter Viken, 2006). För att på ett enkelt sätt försöka kompensera för dessa systematiska variationer togs andragskvationen över mjölkvärdena fram (figur 21), med denna beskrivs avkastningens generella trend och avvikelser till denna kan betraktas som dygnsvariationer. Positivt värde (över linjen) för ökad mjölkavkastning och negativt (under linjen) för minskad mjölkavkastning.

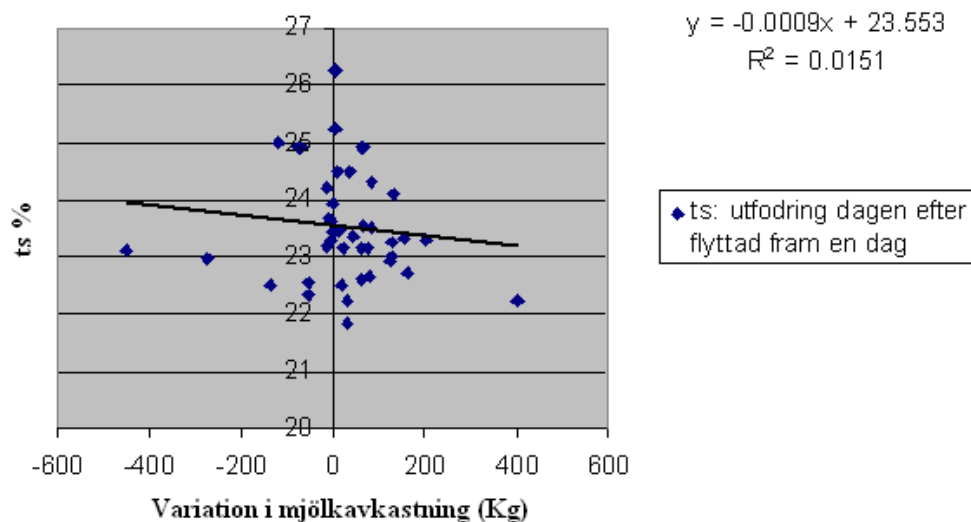


Figur 20. Visar variationen i mjölkkavkastningen utifrån uppmätt mängd vid hämtning av mjölk varannan dag under perioden 25 januari till 29 april, där varje sträck på x-axeln representerar ett hämtningstillfälle. Luckan i linjen representerar byte av plansilo den femte mars.

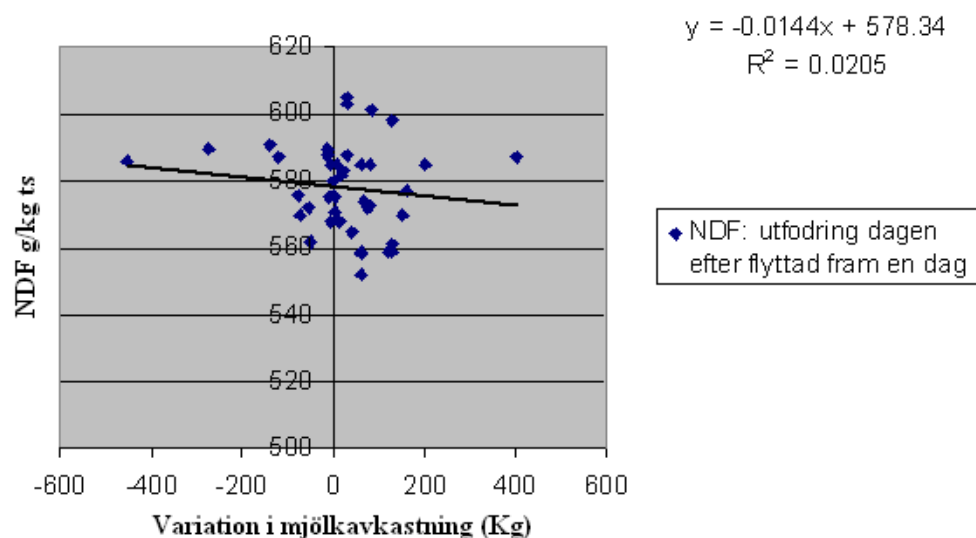


Figur 21. Punkterna markerar mjölkningstillfällena och linjen är andragradsekvationen för dessa värden. Linjen visar därmed den allmänna trenden och inte hur mjölkkavkastningen varierar, som fås utifrån punkternas avvikelse från linjen.

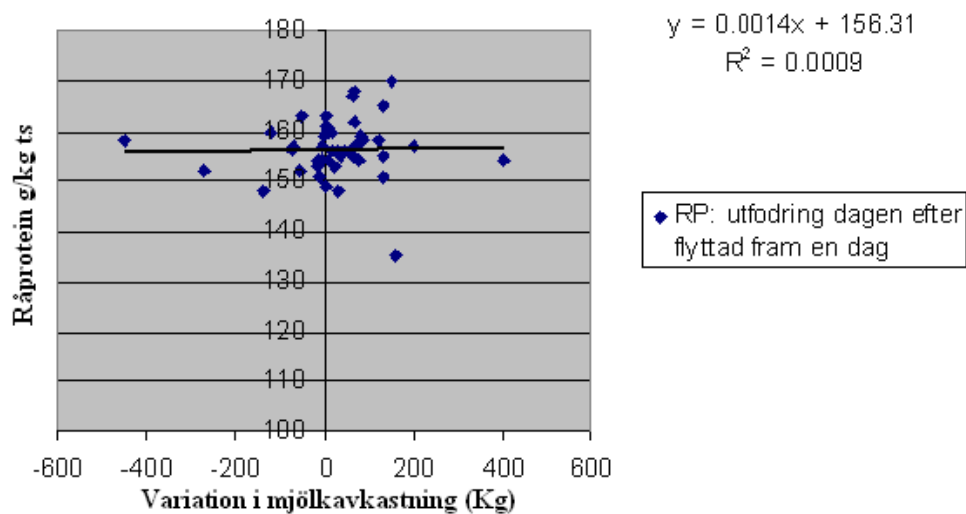
För att se om det finns något samband mellan ts, NDF respektive råprotein och variation i mjölkkavkastning ställde jag upp deras respektive värden för varje provtagningstillfälle mot respektive värde på variation i mjölkkavkastning (punktens avvikelse från linjen, se figur 21). Eftersom ensilaget tas ut ur silon dagen innan det ges till korna flyttade jag fram värdena för ts, NDF och råprotein en dag. I figur 22-24 kan man se att inget samband mellan ts, NDF respektive råprotein och mjölkkavkastning hittades.



Figur 22. Samband mellan ensilagens ts-halt och mjölkavkastningen.



Figur 23. Samband mellan ensilagens NDF innehåll och mjölkavkastningen.



Figur 24. Samband mellan ensilagens råprotein innehåll och mjölkavkastningen.

Diskussion

Variationen i ts, NDF och råprotein för dagliga prover var egentligen inte så stor beroende på att Viken har så många kor (ca 300st) att utfodra. En stor mängd foder tas ut och blandas varje dag vilket jämnar ut skillnaderna. Särskilt tydligt motverkas variationen av att vid skörd läggs fodret in i plansilon skiktvis nerifrån och upp medan fodret tas ut i staplar tvärs över den då uppkomna variationen. Däremot i en mer normalstor besättning (ungefär 50 mjölkkor) borde variationen mellan dagarna blivit större, då endast ett ensilageblock skulle ha används per dag. Även med rundbalar och i tornsilos, där fodret tas ut i samma ordning som det lagras in, konserveras variationen på ett annat sätt. Hur denna variation skulle kunna se ut får man en uppfattning om genom att jämföra de olika blockproven i diagram 12-14. Här skulle det alltså vara ännu värdefullare att kunna analysera fodret löpande innan utfodring, t.ex. med NIR-analys. Ett instrument kommer då att användas av människor utan stor datavana och de måste därför vara okomplicerade och enkelt att använda. De ska helst vara självkontrollerande för t.ex. kalibreringar eller så ska de vara lätta att utföra. De ska vara robusta och stå emot så väl yttre som inre påverkan (Sjaunja, 2005). De får inte heller vara dyrare än att en bonde anser det lönande att köpa och använda det. Alltså måste instrumentet kunna betala sig själv under en rimlig tid via ökad mjölmängd genom optimerad foderstat och / eller minskade foderkostnader genom bättre utnyttjande av grovfodret.

I tabell 1 kan man se att R^2 -värdena för modellerna över NDF och råprotein ligger lite lägre än de värden som man fått i tidigare undersökningar. Däremot är RMSEP-värdena förhållandevis låga jämfört med tidigare studier. Man kan även se i figur 13 respektive 14 att dagligtprov (analyserad) och dagligtprov mald är likartade, vilket kan ses som en bekräftelse på att kalibreringarna som användes fungerade bra för att bestämma NDF och råprotein på torkade och malda prover. Ts-värdena i figur 12 för dagligtprov (framräknade utifrån torkning) och dagligt prov färskt (NIR-analys) är också relativt likartade. Trots det låga R^2 -värdet för ts på färska ensilageprover indikerar det mycket låga RMSEP-värdet på 0,5% att NIR-analys för ts fungerar på färska opreparerade ensilageprover. Att de låga RMSEP-värdena kombineras med lite lägre R^2 -värden än annars beror sannolikt på att spridningen var relativt liten. Detta förklarar antagligen också att jag inte kunde prediktera NDF och råprotein på färska ensilageprover i de dagliga proven där spridningen var ännu mindre och egentligen inte var större än den precision som normalt uppnås med NIR-kalibreringar på torkat och malt material. Emellertid har tidigare studier visat att NIR-analys även fungerat i färskt prov för NDF och protein (Stenberg et al. 2007). Detta verktyg skulle alltså kunna användas i framtiden för att reglera utfodringen efter ensilagens näringsinnehåll dagligen. Man kan även se i dessa diagram att de båda snittytorna har stor spridning på värdena. Detta var förväntat då jag tog proven på ett sådant sätt att variationen skulle täckas in, vilket alltså har åstadkommit. Dessutom består de av avsevärt fler prov.

I figur 18 kan man se att genom att ändra utfodringen efter ts kan man halvera felutfodringen för NDF och råprotein, men att man ändå inte utfodrar helt rätt. Men av hänsyn till både djurens bästa och ekonomin bör man sträva efter att minimera felutfodringen och alltså även analysera fodrets innehåll på NDF och råprotein kontinuerligt. På Viken mättes ts regelbundet ett par gånger i veckan och utfodringen reglerades därefter. Det är dock tveksamt om detta förfarande höjer precisionen nämnvärt. I figur 9 kan man se att ts inte ändrade sig så mycket utan ligger runt 23 % ts i silo ett och här skulle ett medelvärde för hela silon fungera bra. I den andra silon är variationen större med 24% ts som medelvärde och med några avvikande värden mellan 22% och 26% ts. Här skulle man kunna ha nytta av att mäta ts, men hur ofta? Om man inte analyserar ts varje dag kan man få ett starkt avvikande provvärde och därmed få

större felutfodring efterföljande dagar jämfört med att utfodra efter ett medelvärde för hela silon. För NDF skulle detta kunna leda till en felutfodring på cirka +19% till -17% och för råprotein på cirka +34% till -16%. Som tidigare nämnts ger ett medelvärde på ts en felutfodring för NDF på cirka +6% till -10% och för råprotein på cirka +20% till -9%. Alltså, om silon varierar snabbt och kraftigt i ts bör man reglera varje dag för att undvika risken att göra mer skada än nytta, i så fall är det bättre med ett medelvärde för ts. Om man vill reglera utfodringen efter ts bör man göra detta dagligen och på så sätt halvera felutfodringen och för att hålla mjölkavkastningen jämn. Men det absolut bästa vore att utföra på fodret dagligen även för NDF och råprotein och reglera utfodringen därefter. På detta sätt skulle man kunna utfodra nästintill optimalt för att maximera konsumtionen och därmed mjölkavkastningen.

I en plansilo läggs grönfodret in längst in och i botten först, och packas sedan genom att man kör på det med en tung maskin. På så sätt bildas det en ”backe” i plansilon, vilket gör att ensilaget längst in och längst ner i silon är skördat tidigare än det längre ut och högre upp. Detta sätt att fylla och packa silon gör att det bildas lager efter varje lass som läggs in och dessa kommer ifrån olika delar av fältet eller olika fält. Vilket leder till horisontella skillnader, som man tydligt kan se i figur 15-17. Detta leder i sin tur till att det uppstår skillnader i näringsinnehåll beroende på var i silon ensilaget tas eftersom grönfodret inte blandas vid inläggningen. Ett sätt att reducera dessa skillnader är att vid uttag av ensilageblock alltid ta ut dessa vertikalt efter varandra (en stapel i taget), vilket man även gör på Viken. I den första plansilon fanns ett skifte med SW 944, ett skifte med en testblandning och ett bete som slagits till ensilage. I den andra plansilon fanns ett skifte med SW 944 och ett med en blandning av SW 944 och klöver (Johansson, L., personlig kontakt, Nötcenter Viken, 2006). Det är svårt att uppskatta innehållet i den första silon och därmed kunna jämföra de två silorna. Baljväxter har jämfört med gräs mindre växtfibrer och större mängd protein per kg ts vid normalt skördestadium (Lärn-Nilsson et al, 2002). Vid jämförelse av de båda snittyterna tycks snittyta ett i genomsnitt ha högre NDF-värden än snittyta två (figur 13) och de är relativt lika i råproteininnehåll, dock tycks snittyta två nå högre maxvärden än snittyta ett (figur 14). Alltså borde plansilo ett innehålla mindre klöver och mer gräs än plansilo två. Därmed antas att både testblandningen och betesvallen innehåller mestadels olika gräsarter och skillnaden mellan de båda silona i NDF- och råproteinhalt beror troligen på olika andel klöverinnehåll. Hur klöverandelen varierar över fälten kan vara en annan faktor som inte undersökts här.

Normalt innehåller ensilage till mjölkkor 450-620 g NDF per kg ts (Svanberg, R., personlig kontakt, AnalyCen, 2006). I figur 13 kan man se att de dagliga proverna uppvisade bra värden. Däremot översteg ett flertal prover från snittyterna och blockproven denna övre gräns på 620 g NDF per kg ts och de kan därmed antas vara ett för grovt foder för korna, vilket kan göra det mindre aptitligt och därmed ge minskad mjölkavkastning genom minskat näringsintag. I snittyta ett uppmättes det högsta värdet till 683 g NDF per kg ts. Inga prover hade värden under den lägre gränsen på 450 g NDF per kg ts, vilket skulle ha inneburit ett alltför spätt foder. I snittyta två uppmättes det lägsta värdet på 482 g NDF per kg ts.

Råproteinhalten i ensilage till mjölkkor varierar normalt mellan 110-170 g per kg ts och ensilage med mer än 180 g per kg ts är inte önskvärt på grund av risk för dålig strukturverkan och för snabb passage genom kon (Eriksson, 2003 & Svanberg, 2006). Dessutom leder överutfodring av råprotein till ökade kväveförluster via urinen, som i sin tur kan leda till övergödning. Om en ko däremot får för lite protein minskar hon sin mjölkproduktion (Lärn-Nilsson et al, 2002). I figur 14 kan man se att inga av de dagliga proverna har en råproteinhalt över 180 g per kg ts, men att ett flertal av proverna i snittyta två överstiger denna gräns med det högsta värdet på 191 g per kg ts. En mindre besättning som endast använder ett ensilageblock per

dag skulle kunna få dessa problem i samband med överutfodring av råprotein om inte foder-
givan anpassas dagligen. Däremot understiger inga prover 110 g RP per kg ts som kan antas
som en lägre gräns. Det lägsta värdet återfinns i snittyta ett på 119 g RP per kg ts.

Ett syfte med denna studie var att undersöka om det gick att finna någon koppling mellan
mjölkavkastningen och ts, NDF eller råprotein. I figurerna 22 till 24 kan man dock se att så-
dana kopplingar mellan kvalitetsparametrar och mjölkproduktion inte hittades, men det går
inte att utesluta att en kombination av olika kvalitetsparametrar och verkliga data från besät-
ningen skulle ge bättre resultat. Korrigeringen med andragsgradsekvationen måste anses vara
mycket grov och en anpassning utifrån individuella kodata skulle vara att föredra. En annan
sak att titta på vid vidare studier är hur bra ensilaget blandas, jämnas verkligen ensilagets oli-
ka näringsinnehåll i de olika blocken ut? Ett sätt skulle vara att ta prover på det ensilage som
ett antal kor får tilldelat under en period och jämföra hur det skiljer sig mellan dagar och kor.

Slutsatser

- För att kunna optimera utfodringen krävs dagliga analyser av ensilaget och med hjälp
av NIR-teknik skulle detta kunna vara möjligt i framtiden. Annars är det bättre att ut-
fodra efter ett ts-medelvärde för hela silon än att analysera ts en eller några gånger i
veckan och reglera utfodringen därefter.
- Eftersom besättningen på Viken är relativt stor blandas en stor mängd ensilage vid
varje uttag till fullfoderblandningen och därmed uppstår en utjämnings-effekt av varia-
tionen i ensilagets näringsinnehåll. En mindre besättning däremot kan leda till en störe
variation i ensilagets sammansättning mellan utfodringstillfällena på grund av
mindre utblandning. Här finns alltså mer att tjäna på dagliga analyser. Likaså konser-
veras variationerna från fälten i högre utsträckning när ensilagebalar eller tornsilos
används.
- Det gick inte att finna några enkla samband mellan mjölkavkastningen och ts, halten
NDF eller råprotein i grovfodret. Mjölkavkastningen påverkades troligen av ensilagets
totala sammansättning och en samverkan mellan dessa parametrar och besättningens
status.

Referenslista

Bendz, E., Danell, S., Eksvärd, J., Herland, E., Hoffmann, M., Hogfors, S., Ljung, M., Mag-
nusson, L., Mark-Berglund, T., Persson, S., Sandrup, A., Skarborg, V., Ståhle, G., Svennerby,
U., Westin, J., Wetterberg, C. (2001). *Miljöredovisning för svenskt jordbruk 2000*. Lantbru-
karnas riksförbund & Statistiska centralbyrån.

Bergsten, C., Bratt, G., Everitt, B., Gustafsson, A.H., Gustafsson, H., Hallén-Sandgren, C.,
Olsson, A.C., Olsson, S.O., Plym-Forsshell, K., Widebeck, L. (2000). *Mjölkkor*. LTs förlag.
Helsingborg.

Cederberg, C., Lindahl, C., Svensson, E., Swensson, C. (2005). *Vallen och miljön*. Svensk
mjölk rapport nr 7048-P.

Davies, A.M.C. (2005). *An introduction to near infrared spectroscopy*. NIR news, vol: 16, nr:
7. (s 9-11).

- Eriksson, H. (2003). *Högkvalitativt vallfoder ger god mjölk kvalitet*. Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, SLU. Tillgänglig på Internet: www.-grovfodercentrum.slu.se/CNCPS.pdf. Hämtad: [2006-01-30].
- Felton, L. (2002). *Hur kan dåligt ensilage påverka juverhälsan hos mjölkkor?*. Veterinärmedicinska fakulteten, SLU.
- Fogelfors, H. (1985). *Gödslingens inverkan på flora och vegetation i naturbetesmarker*. Fakta mark – växter nr 22 SLU.
- Greppa näringen. (2006). Tillgänglig på inernet: www.greppa.nu. Hämtad: [2006-07-13].
- McDonald, P. (1981). *The biochemistry of silage*. John Wiley and sons.
- Noes, T., Isaksson, T., Fearn, T., Davies, T. (2002). *A user-friendly guide to multivariate calibration and classification*. NIR Publications 2002.
- Nyberg, A. & Lindén, B. (2002). *Inomfältvariationer i avkastning och grovfoderkvalitet på ett vallskifte 1999-2001*. Institutionen för jordbruksvetenskap. Serie B mark och växter, rapport 9.
- Nötcenter Viken. (2006). Tillgänglig på internet: www.notcenterviken.se. Hämtad: [2006-05-11].
- Lärn-Nilsson, J., Jansson, D.S., Strandberg, L. (2002). *Naturbrukets husdjur del 1*. Borås: LTs förlag.
- Pettersson, P. (1997). *Forage quality aspects during conversion to ecological agriculture. A study with multivariate data analysis and near infrared spectroscopy*. Institutionen för växtodlingslära, SLU. Ekologiskt lantbruk nr:21.
- Roberts, C.A., Workman, J., Reeves, J.B. (2004). *Near-infrared reflectance analysis of forage and feedstuffs*. Near-infrared spectroscopy in agriculture, nr: 44. (s 225-256).
- Rosqvist, G. (2003). *Ökad mångfald – kundskapssammanställning om nyskapande av livsmiljöer i enahanda åkerlandskap*. Jordbruksverket. Rapport 2003:4.
- SCB, Jordbruksverket, Naturvårdsverket och LRF (2007), *Hållbarhet i svenskt jordbruk 2007* Statistiska centralbyrån, Stockholm. (102s).
- Sjaunja, L.O. (2005). *A review of spectroscopic methods and their suitability as analytical techniques for farm testing*. CD: Precision Agriculture '05. Wageningen academic publishers. (s 31-37).
- Stenberg, B., Jensen, L.S., Nordkvist, E., Breland, T.A., Pedersen, A., Guðmundsson, J., Bruun, S., Salo, T., Palmason, F., Henriksen, T.M., Korsæth, A. (2005). *Near infrared reflectance spectroscopy for quantification of crop residue, green manure and catch crop C and N fractions governing decomposition dynamics in soil*. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 12. (331-346).

Stenberg, B., Hetta, M., Sundberg, M. (2007). *Sensorer för bestämning av ensilagekvalitet i samband med utfodring*. JTI-rapport. Lantbruk & industri 355. (25 sidor).

Varifrån kommer ett NIR-spektrum?. Tillgänglig på Internet:

www.amc.chalmers.se/Kursinfo/laborationer%20AK2/NIR_intro02/NIR_spektrum.html

Hämtad: [2006-01-30].

Bilaga 1

Dagligtprov: provdatum och respektive värden för ts, NDF och råprotein för de olika analysätten.

Datum	ts Beräknat	ts NIR: färsk	NDF Kemisk- analys	NDF NIR: torkad och mald	RP Kemisk- analys	RP NIR: tor- kad och mald
2006-01-26	23,16	23,2	572	576,12	154	158,49
2006-01-28	22,93	23,3	559	581,64	158	153,90
2006-01-29	23,16	23	558	572,65	167	164,29
2006-01-31	23,19	23,3	588	583,71	153	156,21
2006-02-01	23,51	23,6	601	591,45	216	151,51
2006-02-02	23,34	23,4	565	566,06	156	159,13
2006-02-06	23,13	23,3	583	583,21	153	149,88
2006-02-07	22,22	22,3	605	596,59	156	151,24
2006-02-08	23,47	23,2	568	581,30	160	158,02
2006-02-09	22,73	22,8	577	582,57	135	143,75
2006-02-10	22,65	22,6	573	577,69	159	158,98
2006-02-12	23,30	23,5	585	577,42	157	160,95
2006-02-15	23,69	23,8	575	590,15	151	150,06
2006-02-16	23,59	23,4	568	569,89	154	156,15
2006-02-19	22,98	22,9	590	577,52	152	154,98
2006-02-20	22,50	22,6	591	595,63	148	149,40
2006-02-21	22,24	22,0	587	586,43	154	157,55
2006-02-22	23,30	23,3	585	573,55	157	160,92
2006-02-23	23,11	23,2	586	582,28	158	159,60
2006-02-27	23,02	22,8	559	568,77	165	157,41
2006-02-28	22,63	22,9	585	570,73	162	157,05
2006-03-01	23,34	23,4	570	561,16	170	167,94
2006-03-22	24,90	24,8	570	562,79	157	159,47
2006-03-23	24,08	24,1	561	557,86	155	153,32
2006-03-24	24,92	24,7	574	581,26	157	164,48
2006-03-27	23,25	23,1	598	604,58	151	150,74
2006-03-28	23,55	23,8	552	560,08	168	168,50
2006-03-29	22,55	22,5	562	562,85	163	160,84
2006-03-31	24,91	24,7	559	560,58	155	157,46
2006-04-01	21,86	22,2	603	604,04	148	144,73
2006-04-02	22,32	22,4	572	571,96	152	154,46
2006-04-04	24,49	24,6	585	585,04	154	153,96
2006-04-05	25,22	24,4	571	570,81	161	158,01
2006-04-06	23,44	24,1	580	578,43	159	155,95
2006-04-10	24,92	24,9	576	564,42	156	159,16
2006-04-12	24,49	23,7	588	589,59	155	150,51
2006-04-13	22,51	22,3	582	589,37	156	152,46
2006-04-14	24,22	24,5	590	582,11	154	154,51
2006-04-17	24,32	24,8	585	576,99	158	156,10
2006-04-18	26,26	24,2	575	602,65	149	143,24
2006-04-19	23,93	23,6	576	569,20	163	163,54
2006-04-20	25,00	25,1	587	575,62	160	158,45

Bilaga 2

Snittyta 1: provnummer och respektive värden på ts, NDF och råprotein.

Prov tagna på gammal snittyta står med kursiv stil.

Prov	ts	NDF	RP
	beräknad	NIR: torkad och mald	NIR: torkad och mald
1,A	22,51	543,73	172,45
1,B	25,40	562,79	163,95
1,C	22,88	565,54	167,54
1,D	25,50	590,97	155,36
1,E	20,96	623,52	156,03
1,F	23,41	606,09	156,74
2,A	22,83	593,58	142,88
2,B	23,37	598,26	138,93
2,C	23,89	611,32	150,39
2,D	23,00	612,45	144,41
2,E	22,73	578,55	145,70
2,F	23,32	591,17	159,00
3,A	22,80	591,27	153,08
3,B	22,83	618,83	151,31
3,C	22,10	601,87	153,91
3,D	23,53	614,29	157,13
3,E	26,90	614,23	149,46
3,F	23,80	634,71	139,06
4,A	23,53	594,43	171,39
4,B	24,61	601,40	155,99
4,C	24,42	580,65	158,07
4,D	24,18	597,29	166,92
4,E	22,14	608,19	145,33
4,F	22,99	623,23	146,65
5,A	23,83	586,66	151,48
5,B	20,74	548,10	173,96
5,C	22,39	581,54	161,84
5,D	21,27	580,41	148,81
5,E	22,91	585,36	160,78
5,F	23,82	599,03	161,27
6,A	22,13	613,50	159,67
6,B	23,58	599,40	160,75
6,C	21,20	666,98	145,18
6,D	22,78	613,64	156,01
6,E	20,57	636,79	139,45
6,F	22,96	579,62	167,64
7,A	22,11	555,01	158,53
7,B	23,37	599,57	144,62
7,C	23,20	585,54	144,40
7,D	23,16	579,85	155,63
7,E	25,35	598,06	136,32
7,F	22,79	639,12	119,12
8,A	23,89	593,29	151,86
8,B	24,26	629,75	145,44
8,C	23,47	596,50	158,62
8,D	23,17	606,48	145,03
8,E	23,16	624,48	136,46
8,F	25,38	647,82	133,50

Bilaga 2 fortsättning

Prov	ts beräknad	NDF NIR: torkad och mald	RP NIR: torkad och mald
9,A	24,02	604,68	154,98
9,B	24,91	612,45	153,59
9,C	24,17	597,31	166,70
9,D	24,99	606,78	152,54
9,E	23,31	615,12	153,11
9,F	25,04	605,65	155,61
10,A	23,55	581,59	169,46
10,B	22,67	594,31	151,09
10,C	23,45	588,51	161,46
10,D	20,69	549,16	173,46
10,E	21,65	563,02	166,04
10,F	24,98	605,72	143,97
11,A	18,29	672,53	133,75
11,B	20,77	618,57	162,30
11,C	20,46	609,08	149,51
11,D	18,22	597,72	159,56
11,E	16,73	676,79	123,71
11,F	18,26	682,56	132,86
12,A	23,16	568,64	145,65
12,B	21,23	585,68	149,81
12,C	21,96	553,53	173,14
12,D	21,02	584,27	153,57
12,E	21,52	568,63	169,16
12,F	23,30	584,13	157,21
13,A	24,28	611,14	145,66
13,B	23,15	600,90	152,56
13,C	23,63	600,45	150,21
13,D	22,43	585,91	156,40
13,E	23,82	613,65	142,73
13,F	23,84	608,81	145,43
14,A	23,62	615,37	152,37
14,B	24,29	604,21	160,62
14,C	24,35	610,67	157,73
14,D	24,13	588,97	161,39
14,E	22,71	610,36	143,84
14,F	23,18	588,90	163,67
15,A	23,18	596,14	154,94
15,B	22,27	604,19	149,93
15,C	22,97	605,49	142,74
15,D	24,50	606,98	155,27
15,E	22,70	562,82	162,44
15,F	23,38	608,39	160,99
16,A	18,27	648,20	135,20
16,B	20,98	574,31	158,59
16,C	19,41	641,43	151,87
16,D	21,47	559,66	173,40
17,A	23,10	612,67	149,26
17,B	23,08	584,71	159,31
17,C	21,17	595,71	157,41
17,D	23,25	600,59	151,00
17,E	22,57	573,93	165,60

Bilaga 2 fortsättning

Prov	ts beräknad	NDF NIR: torkad och mald	RP NIR: torkad och mald
17,F	23,31	611,93	153,90
18,A	23,38	590,13	152,94
18,B	23,70	595,70	148,36
18,C	23,23	632,27	130,76
18,D	24,16	632,25	127,66
18,E	23,08	628,86	129,63
18,F	24,13	618,95	143,52
19,A	24,04	638,49	136,29
19,B	24,14	599,61	160,68
19,C	26,10	597,92	162,21
19,D	24,35	597,79	161,41
19,E	23,20	621,73	142,39
19,F	24,51	590,23	167,77
20,A	23,92	604,61	154,25
20,B	21,31	560,62	167,66
20,C	24,83	584,57	152,78
20,D	25,44	616,68	144,93
20,E	23,30	583,83	156,18
20,F	23,21	564,42	160,38
21,A	18,72	637,07	137,72
21,B	19,89	617,41	154,38
21,C	19,19	642,58	157,42
21,D	23,21	578,46	151,79
21,E	19,23	642,69	156,70
21,F	24,42	563,71	166,32
22,A	22,06	575,26	166,72
22,B	23,24	598,67	134,67
22,C	21,90	580,18	167,10
22,D	23,28	603,26	146,47
22,E	22,36	586,33	166,22
22,F	22,71	625,90	132,64
23,A	22,92	598,86	151,63
23,B	22,63	610,75	145,11
23,C	23,26	561,75	164,29
23,D	22,34	625,14	142,77
23,E	23,17	627,58	122,66
23,F	22,34	618,01	138,32
24,A	24,07	622,04	140,59
24,B	25,46	593,33	161,57
24,C	22,88	593,23	153,28
24,D	23,87	609,02	156,33
24,E	24,08	612,48	151,71
24,F	22,33	600,14	159,59
25,A	22,53	600,04	156,17
25,B	23,26	601,49	158,13
25,C	21,13	576,63	149,89
25,D	22,47	595,31	155,54
25,E	22,28	586,51	161,90
25,F	19,83	564,32	179,72

Bilaga 3

Snittyta 2: provnummer och respektive värden på ts, NDF och råprotein.

Prov tagna på gammal snittyta står med kursiv stil.

Prov	ts	NDF	RP
	beräknad	NIR: torkad och mald	NIR: torkad och mald
1,A	21,99	588,01	169,01
1,B	25,11	574,52	151,26
1,C	23,45	581,93	149,17
1,D	24,79	584,41	137,26
1,E	23,38	556,94	180,41
1,F	22,60	560,83	171,63
2,A	25,15	578,77	161,90
2,B	23,39	586,05	143,08
2,C	23,03	560,81	152,03
2,D	22,19	575,93	154,54
2,E	25,57	585,85	146,48
2,F	23,49	575,75	150,24
3,A	23,24	613,38	132,37
3,B	22,32	608,35	145,95
3,C	23,68	613,67	142,38
3,D	23,08	598,15	146,70
3,E	23,39	593,90	141,06
3,F	24,22	616,62	142,50
4,A	26,18	595,27	152,13
4,B	27,06	613,54	141,48
4,C	25,26	574,12	166,05
4,D	25,29	568,08	163,58
4,E	25,16	608,69	156,63
4,F	25,73	574,45	164,11
5,A	24,17	573,50	148,88
5,B	23,46	566,35	165,19
5,C	25,27	552,42	165,82
5,D	24,69	591,08	150,57
5,E	42,79	587,51	156,26
5,F	24,48	585,97	152,10
6,A	25,87	558,34	174,74
6,B	22,45	573,93	172,78
6,C	26,26	593,33	131,27
6,D	25,27	575,87	154,80
7,A	25,44	593,30	141,44
7,B	25,45	598,36	143,57
7,C	25,40	567,30	152,81
7,D	24,33	599,81	138,58
8,A	22,72	602,57	140,51
8,B	23,19	604,98	147,75
8,C	23,29	610,41	142,80
8,D	23,51	603,37	139,73
9,A	25,15	605,44	144,57
9,B	26,52	598,05	153,54
9,C	26,12	564,84	177,38
9,D	26,36	594,56	155,79
10,A	25,05	595,46	153,62
10,B	24,53	590,57	147,30

Bilaga 3 fortsättning

Prov	ts beräknad	NDF NIR: torkad och mald	RP NIR: torkad och mald
10,C	24,48	583,66	162,20
10,D	25,96	609,20	148,34
11,A	16,27	661,06	166,75
11,B	23,85	548,16	185,25
11,C	23,46	564,71	144,58
11,D	22,94	577,09	157,66
11,E	25,86	553,05	177,24
11,F	22,79	574,64	167,57
12,A	24,73	576,44	146,08
12,B	25,01	595,87	142,72
12,C	25,51	596,08	137,30
12,D	23,98	587,96	146,15
12,E	23,52	568,53	153,30
12,F	25,12	572,94	146,18
13,A	22,78	587,78	141,81
13,B	23,69	606,23	136,41
13,C	23,06	591,46	145,63
13,D	23,36	610,39	142,91
13,E	24,39	610,57	132,37
13,F	23,42	610,74	139,33
14,A	24,51	577,42	171,10
14,B	25,13	599,75	152,89
14,C	24,49	580,64	158,28
14,D	26,50	605,41	155,54
14,E	24,92	590,44	153,73
14,F	26,11	598,17	153,82
15,A	23,89	588,38	150,99
15,B	26,15	568,84	169,36
15,C	24,54	585,92	154,42
15,D	23,67	579,70	162,23
15,E	25,17	566,14	171,20
15,F	24,54	548,82	169,92
16,A	22,56	582,15	182,25
16,B	25,48	576,98	160,43
16,C	21,74	590,67	179,28
16,D	23,64	567,75	159,60
16,E	23,28	561,83	174,25
16,F	23,99	565,86	173,60
17,A	23,73	566,21	156,68
17,B	26,75	608,74	133,47
17,C	22,95	571,07	163,30
17,D	25,29	581,77	146,64
17,E	25,12	606,41	150,09
17,F	24,35	579,85	148,58
18,A	23,97	607,66	148,29
18,B	25,27	617,40	147,35
18,C	23,96	592,55	142,81
18,D	25,29	629,65	134,11
18,E	23,58	599,52	151,37
18,F	26,59	583,84	153,03
19,A	26,32	603,87	148,49

Bilaga 3 fortsättning

Prov	ts beräknad	NDF NIR: torkad och mald	RP NIR: torkad och mald
19,B	25,72	609,12	140,30
19,C	26,29	590,86	156,00
19,D	26,56	598,54	151,45
19,E	25,60	605,67	146,93
19,F	26,68	588,79	146,54
20,A	24,69	580,89	156,07
20,B	25,23	562,26	161,58
20,C	25,58	593,73	147,82
20,D	27,70	589,39	156,88
20,E	25,77	612,73	143,21
20,F	24,18	585,05	160,42
21,A	24,14	580,78	140,10
21,B	23,38	554,94	173,59
21,C	23,85	570,10	161,69
21,D	26,60	580,94	154,86
21,E	25,09	590,51	147,41
21,F	21,77	552,85	161,74
22,A	24,56	588,49	149,33
22,B	24,90	579,79	152,89
22,C	25,22	593,21	146,91
22,D	23,53	574,61	142,06
22,E	20,10	527,88	163,52
22,F	26,02	591,35	137,99
23,A	23,25	584,91	158,62
23,B	25,27	614,56	139,27
23,C	24,33	594,54	143,65
23,D	25,71	609,81	144,07
23,E	24,28	600,93	135,57
23,F	26,26	601,98	143,59
24,A	25,99	593,27	169,01
24,B	29,17	583,36	171,25
24,C	26,41	597,36	157,00
24,D	26,48	597,82	154,64
24,E	25,91	567,77	162,12
24,F	26,89	576,54	159,36
25,A	23,37	571,56	157,73
25,B	20,58	482,20	189,38
25,C	22,29	562,43	157,70
25,D	19,83	489,97	191,23
25,E	24,07	577,33	148,45
25,F	22,86	564,58	158,39

Bilaga 4

Blockprov: provnummer och respektive värden på ts, NDF och råprotein.

Prov	ts beräknad	NDF NIR: torkad och mald	RP NIR: torkad och mald
1a	19,63	621,28	140,36
1b	21,16	599,40	147,59
1c	21,65	614,01	156,18
1d	22,77	618,53	148,98
1e	21,24	673,56	153,06
1f	22,41	615,18	152,31
1g	24,11	592,58	151,55
2a	23,70	617,65	148,03
2b	25,38	577,57	156,88
2c	24,99	574,14	157,38
2d	24,98	587,91	162,41
2e	23,19	600,85	147,86
2f	24,07	587,82	156,43
2g	22,91	563,98	163,19
3a	24,19	616,22	139,52
3b	24,30	613,75	143,18
3c	24,03	610,39	144,78
3d	23,33	610,24	155,44
3e	22,66	586,00	144,67
3f	23,94	615,23	141,27
3g	23,75	614,46	139,87
4a	24,61	606,00	153,84
4b	22,72	620,07	144,49
4c	23,37	605,07	164,13
4d	23,65	607,59	147,80
4e	21,96	589,77	162,08
4f	23,79	593,59	159,25
4g	24,22	600,80	158,15
5a	22,66	600,78	145,20
5b	22,39	585,02	166,06
5c	23,08	592,16	161,17
5d	23,15	599,92	152,04
5e	24,15	592,35	146,57
5f	21,54	564,19	164,80
5g	21,31	557,73	161,95

Förteckning över rapporter i serien *Examens- och seminariearbete* utgivna vid Avdelningen för precisionsodling:

1. Karlsson, L. 2004. Inventering av socker i grönmassa och ensilage i västra Sverige. A survey of water-soluble carbohydrate (WSC) content in herbage and silage in west Sweden.
2. Sixtensson, O. 2006. Kväve i mark och gröda från sådd till skörd vid odling av höstraps (*Brassica napus* L.). Nitrogen in soil and plant from sowing to harvest during cultivation of winter oilseed rape.
3. Orvendal, J. 2007. Värdering av kvävet i organiska gödselmedel. Evaluation of nitrogen in organic fertilizers.
4. Johansson, A. 2007. Kvalitetsvariation i ensilage – en pilotstudie på Nötcenter Viken.

Avdelningen för precisionsodling, Institutionen för markvetenskap, SLU, Skara, bedriver forskning med precision i odlingen som mål. Detta forskningsarbete tar sikte på att utveckla metoder för bättre utnyttjande av markens resurser samt styrning av processer som inverkar på grödornas tillväxt, framför allt genom bättre växtnäringshushållning, bl.a. platsspecifikt för tillämpning inom precisionsjordbruket. Forskning bedrivs främst i fältstudier och fältförsök. Huvudsyftet med denna forskning är att förstärka den ekonomiska uthålligheten i svenskt lantbruk genom att förbättra grödornas avkastning och jordbruksprodukternas kvalitet och samtidigt utnyttja våra naturliga tillgångar på ett miljövänligt och resursbevarande sätt. Forskning, utbildning och information präglas av helhetssyn och sker i nära samarbete med näringsliv, myndigheter och rådgivning. Lanna försöksstation, är en viktig resurs för avdelningen, övriga institutioner vid SLU samt andra samarbetspartners

I serien *Examens- och seminariearbeten* publiceras examensarbeten (motsvarande 10 eller 20 poäng i agronomexamen) och seminariearbeten utförda vid Avdelningen för precisionsodling, SLU, Skara.

Examens- och seminariearbetena finns också tillgängliga på nedanstående internetadress.

Distribution:

Sveriges lantbruksuniversitet
Avdelningen för precisionsodling
Box 234
532 23 Skara
Tel. 0511-670 00, fax 0511-67134
Internet: <http://po-mv.slu.se/>