



# **Hackselängdens betydelse för tuggtid och foderkonsumtion hos mjölkkor**

Effect of cutting length of silage on total chewing time and feed consumption

av  
**Anna Bergfors**

---

**Institutionen för husdjurens  
utfodring och vård**

**Examensarbete 233**

**Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Animal Nutrition and Management**

---

**Uppsala 2006**





# **Hackselängdens betydelse för tuggtid och foderkonsumtion hos mjölkkor**

Effect of cutting length of silage on total chewing time and feed consumption

av  
**Anna Bergfors**

**Handledare: Jan Bertilsson**

---

**Institutionen för husdjurens  
utfodring och vård**

**Examensarbete 233**

---



<b>FÖRORD .....</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>SAMMANFATTNING .....</b>	<b>4</b>
<b>INLEDNING .....</b>	<b>5</b>
<b>LITTERATURGENOMGÅNG.....</b>	<b>6</b>
VAD UTMÄRKER EN IDISSLARE?.....	6
SALIVENS BETYDELSE.....	7
<b>FYSISK STRUKTUR.....</b>	<b>8</b>
VAD MENAS MED FYSISK STRUKTUR I FODRET? .....	8
VAD ÄR FIBER? .....	8
HUR KAN FYSISK STRUKTUR MÄTAS?.....	8
BESTÄMNING AV PARTIKELSTORLEK .....	9
<i>Siktning.....</i>	9
<i>Penn State Partikelseparator.....</i>	10
<i>Bildbehandlingsteknik .....</i>	11
<i>Manuell sortering.....</i>	11
<b>VARFÖR ÄR FIBRER OCH FYSISK STRUKTUR VIKTIGT FÖR MJÖLKKOR.....</b>	<b>12</b>
STYRNING AV FODERINTAGET .....	12
FAKTORER SOM PÅVERKAR SMÄLTBARHETEN .....	13
KONSUMTIONSMÖNSTER.....	14
ÄTHASTIGHET .....	14
IDISSLING.....	15
TUGGAKTIVITET.....	15
<b>TUGGTID SOM MÅTT PÅ STRUKTUR HOS FODRET .....</b>	<b>16</b>
DET DANSKA SYSTEMET FÖR TUGGTID .....	16
HUR NORFOR BEHANDLAR TUGGTID .....	17
BERÄKNING AV TUGGTID I NORFOR .....	19
TUGGTID SOM BIOLOGISKT MÅTT.....	19
<b>UTFODRINGSFÖRSÖK MED OLIKA STRUKTUR PÅ FODRET .....</b>	<b>20</b>
<b>EGET FÖRSÖK.....</b>	<b>21</b>
MATERIAL OCH METODER .....	21
<i>Syfte .....</i>	21
<i>Ensilage.....</i>	21
<i>Djurmaterial.....</i>	23
<i>Mätning av tuggtid .....</i>	24
<i>Försöksuppläggning och statistiska metoder .....</i>	26
<b>RESULTAT OCH DISKUSSION.....</b>	<b>26</b>
RESULTAT .....	26
<i>Foderanalyser.....</i>	26
<i>Bildanalys.....</i>	27
<i>Tuggtidsmätning .....</i>	29
DISKUSSION .....	32
<i>Ättid .....</i>	34
<i>Idisslingstid .....</i>	34
<i>Tuggtid.....</i>	35
TUGGTID OCH NORFOR.....	36
<b>LITTERATURFÖRTECKNING .....</b>	<b>38</b>
PERSONLIGA MEDDELANDEN .....	43
INTERNET.....	43
<b>BILAGA.....</b>	<b>44</b>

## **Förord**

Nu har jag rott detta examensarbete i land och kan därmed sätta punkt för min studietid på Ultuna, vilken har varit mycket givande. Utan ett antal personers hjälp och medverkan hade detta dock inte varit möjligt. Därför vill jag rikta ett stort tack till er.

### **Tack till**

Jan Bertilsson, institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU, Uppsala, för handledningen under examensarbetet och för statistikanlysena.

Anna Hessle, institutionen för husdjurens miljö och hälsa, SLU, Skara, för att jag fick låna grimmorna som mätte tuggtid och för instruktion om hur tillhörande analysprogram fungerar.

Karin Wallin, institutionen för husdjurens miljö och hälsa, SLU, Skara, för diverse praktisk hjälp med grimmorna.

Gunnar Pettersson för hjälpen med att plocka fram all foderdata från stallet för automatisk mjölkning på Kungsängen.

Stallpersonalen på Kungsängen, med ett särskilt tack till försöksledare Gunilla Helmersson för all hjälp med korna.

Bengt Karlsson, försäljningschef team Väst, Lantmännen, som gav mig ledigt för att jag skulle kunna åka till Uppsala för genomförandet av försöksdelen i mitt examensarbete.

Trots ovanstående personers värdefulla insatser kan det dock inte uteslutas att arbetet har vissa brister. Dessa brister faller helt och fullt på författaren.

Med förhoppning att du som läsare finner arbetet intressant!

Östersund, Januari 2007

Anna Bergfors

## Abstract

Today, our cows experience a harder pressure to achieve higher milk yield. To manage this challenge the animal needs first class feeding and treatment. An important aspect of the feeding is to fulfil the need from the cows of especially fiber; and fiber with a sufficient proportion of long particles. Both too much and too little fiber is bad for the wellbeing of the cow, and she might get diseases like acidosis.

Many models for feed management have been developed to secure that the animal gets enough of e.g. fiber with a sufficient proportion of long particles. The models describing physical characteristics of NDF have primarily been used in research. However, the new feed evaluating system NORFOR Plan will use the parameter “total chewing time” to secure the value of fiber with sufficient proportion of long particles. Total chewing time is the sum of the eating time and the ruminating time and is measured as minutes per kg dry matter.

The aim of my study was to investigate how the physical characteristics of fiber affects the eating behaviour and total chewing time. In the study total chewing time was compared in two silages with similar nutrient composition. The only differences between the two silages were different chopping lengths.

Twenty SRB cows in robotic milking (VMS system) was included in the study. They were randomly divided into two groups and feed with the two different silages. The length of the silage harvested with the self load wagon was 58 mm and the length of the silage harvested with the precession chopper was 25 mm arithmetic mean. The total chewing time was measured during at least 23 hours, using an IGER behaviour recorder (Ultrasound advice, London, U.K.). The jaw moment amplitude data were recorded at 20 Hz. Data files were analyzed in software GRAZE version 1,0 (Ultrasound advice, London, U.K.). Bouts of jaw moments were classified as either eating or ruminating.

The result of my study implicates that the cows being feed with the longer silage had a tendency for longer total chewing time than the cows feed the precision chopped silage. An observation was that the cows fed with the shorter chopped silage consumed slightly more feed, but no significant differences in total feed consumption between the two groups could be observed.

## Sammanfattning

Idag ställs höga krav på att våra mjölkkor ska ha en hög mjölkavkastning och för att lyckas med detta krävs rätt utfodring och skötsel. En viktig aspekt att ta hänsyn till i utfodringen är att se till att deras behov av fiber och struktur säkerställs, då både för mycket och för lite fiber har en direkt inverkan på deras prestation. Exempel på utfodringsrelaterade sjukdomar hos våra nötkreatur är acidosis, löpmagsomvridning, trumsjuka och leverförfettning.

Strukturen hos ett fodermedel beskriver dels dess fysiska form, partikelstorlek, hur partiklarna är dimensionerade, deras hårdhet och förmåga att motstå mekanisk nedbrytning vid tuggning. En ytterligare viktig faktor vid bestämmandet av ett fodermedels struktur är dess kemiska sammansättning, som kan analyseras som NDF. Hur strukturen i exempelvis ett grovfoder blir, beror av skördesystem och maskintypen bestämmer den teoretiska snittlängden. Partikelstorleken i foder kan bestämmas genom torr och våtsiktning, bildbehandlingsteknik eller manuell sortering.

Under årens lopp har det utvecklats olika modeller för att kunna mäta om foderstaten tillför tillräckligt med struktur, men dessa system har främst använts i forskningssyfte men i och med fodervärderingssystemet NORFOR kommer strukturparametern tuggtid att användas för att säkerställa att foderstaten innehåller tillräcklig mängd strukturgivande fiber. Tuggtid mäts som den sammanlagd ät och idisslingstiden och anges minuter per kg torrs substans.

Syftet med detta examensarbete var att studera hur strukturen i grovfodret påverkar tuggtid och konsumtionsmönster. I studien mättes tuggtid, (sammanlagd ät och idisslingstid) för två näringsmässigt identiska ensilage, men med olika hackselämgd. Studien genomfördes på SLU:s försöksgrd Kungsängen i Uppsala

20 st SRB kor i stallet för automatisk mjölkning ingick i försöket. De delades in i 2 grupper vilka utfodrades med ensilage av olika hackselämgd. Ensilagen var näringsmässigt identiska men var skördade med snittvagn och exakthackarvagn. Partikellängden var 58 mm för snittvagnen och 25 mm för exakthackarvagnen. Tuggtiden mättes under minst 23 timmar med hjälp av IGER animal behaviour recorder (Ultra sound advice, London, U.K.), beskriven av Rutter *et al.* (2003). Käkrörelsernas amplitud registrerades vid 20 Hz och analys av käkrörelserna skedde därefter i ett program, IGER Graze™ version 1.0, där sammanlagd ät och idisslingstid kunde utläsas.

Resultatet blev att korna som utfodrades med ensilaget med den längre hackselämgden (snittvagnen) hade en tendens till längre tuggtid per kg torrs substans jämfört med det exakthackade ensilaget. En tendens till skillnad i foderintag fanns mellan grupperna med ett något högre foderintag för kor som fått ensilage skördat med exakthackarvagnen.



## Inledning

Tack vare bättre utfodring samt genetiska framsteg har mjölkavkastningen kunnat öka i en snabb takt. Idag ställs höga krav på våra mjölkkor och de ska prestera på topp i form av hög mjölkavkastning. För att lyckas krävs rätt utfodring och skötsel. En viktig aspekt att ta hänsyn till i utfodringen av mjölkkor är att se till att deras behov av fibrer i form av strukturgivande foder säkerställs. Både för mycket och för lite fiber har en direkt inverkan på nötkreaturens prestation i form av mjölkavkastning eller tillväxt samt deras hälsa. Därför är det av yttersta vikt att man vet hur mycket fiber som finns tillgängligt i det foder som nötkreaturen ska konsumera. Exempel på utfodringsrelaterade sjukdomar som kan bero på för litet struktur i foderstaten är acidosis, löpmagsomvridning trumsjuka och leverförfettning.

En ytterligare faktor som är viktig att tänka på är hur mycket struktur som fodret bidrar med då det är viktigt för att vomen ska kunna fungera optimalt. Exempel på foder som bidrar med struktur är grovfoder. Som grovfoder räknas exempelvis olika sorters ensilage, hö eller halm. I strukturgivande foder finns en stor mängd större partiklar vilka stimulerar till idissling och bildar ett svämtäcke i vomen vilket gör att uppehållstiden i vomen ökar och därmed förbättras nedbrytningen av fodret. Det som har störst inverkan på grovfodrets strukturella egenskaper är hackelselängd, fiberinnehåll, kvalitén på fibern (hur mycket av fibern som är smältbar och hur mycket som inte är det) och vilken mekanisk bearbetning som fodret utsatts för. Att tänka på när det gäller mekanisk bearbetning är att strukturen i fodret kan förstöras ifall man tex har en mixervagn som helt finfördelar fodret vid omblandning eller en dålig silotömmare som mosar fodret vid urtagning ur silon.

Detta arbete består av en litteraturgenomgång samt ett eget försök. Syftet med det egna försöket var att studera hur strukturen i grovfoder påverkar tuggtid och konsumtionsmönster. I studien mättes eventuella skillnader i tuggtid (sammanlagd ättid och idisslingstid) mellan två näringsmässigt identiska ensilage men med olika hackelselängd. Studien genomfördes på SLU:s försöksgård Kungsängen i Uppsala

Tuggtid är tänkt att i det nya fodervärderingssystemet NORFOR Plan, användas för att se om korna får i sig tillräcklig mängd fiber i sin foderstat. Under ett antal år har det inom forskarvärlden utvecklats olika sätt att mäta tuggtid. Orsaken till detta är att man vill ha fler parametrar som avspeglar ifall exempelvis högavkastande mjölkkor får i sig tillräckligt med fiber för att undvika utfodringsrelaterade sjukdomar. Hitintills har fiberinnehåll endast kunnat mätas kemiskt via NDF, (neutral-detergent fiber) i en foderanalys men det säger ingenting om vilken strukturverkan fodret har i vommen hos kon, vilket tuggtid är tänkt att göra. Tuggtiden ökar om idisslingstiden eller ättiden blir längre. Det är främst foder med en större partikellängd som stimulerar till idissling vilket är positivt för kons välbefinnande och fodernedbrytningen.

Syftet med litteraturgenomgången var att gå igenom betydelsen av fiber och fysisk struktur i foderstaten samt beskriva hur tuggtid som biologiskt mått kan användas.

# Litteraturgenomgång

## ***Vad utmärker en idisslare?***

Idisslare är anpassade till att kunna livnära sig på växternas cellväggar. Cellväggarna består till största del av cellulosa, hemicellulosa och lignin (vedämne) (Björnhag, 2000). För att kunna utnyttja cellväggarna har idisslarna en stor jäsningskammare (vom) där det finns mikroorganismer som lever i symbios med sitt värdjur. För detta får de näring i form av det foder som idisslaren äter samtidigt som idisslaren själv kan tillgodogöra sig det som mikroberna producerar (Björnhag, 1989). Tack vare mikroorganismerna kan de strukturella kolhydraterna (cellulosa och hemicellulosa) spjälkas till kortkedjiga fettsyror (VFA) i form av propion-, ättik- och smörsyra. Dessa utnyttjar idisslaren till energi och som byggstenar ute i kroppen. De kortkedjiga fettsyrorna utnyttjas även av mikroorganismerna till att bilda mikrobprotein som senare kommer idisslaren tillgodo i tunntarmen. (Björnhag, 2000).

En annan utmärkande egenskap hos nötkreatur är att de inte tuggar speciellt mycket när de äter, utan det är främst när de idisslar som tuggningen sker. Kindtänderna hos idisslaren är veckade med åsar av skarpslipad emalj som effektivt skär sönder grova foderpartiklar. (Gustavsson, 2000). p.g.a. idisslarens smalare underkäke än överkäke kan de endast tugga på en sida i taget men i gengäld röra käken i sidled. På det viset kan tugg rörelsen ske med en roterande rörelse så att emaljåsarna i kindtänderna kan skära sönder fodrets fibrer (Björnhag, 1989).

Eftersom nötkreatur tuggar sin föda i mycket liten utsträckning har de istället utvecklat ett annat system att bearbeta födan på, nämligen att idissla den. Att idissla innebär att djuret stöter upp vom innehåll och tuggar partiklarna ytterligare en eller flera gånger, skälet till detta är flera. Dels fås en successiv sönderdelning av fodret vilket leder till en längre uppehållstid i vommen. Idisslingen stimulerar salivutsöndringen vilken är viktig för att hålla pH i vommen på en gynnsam nivå så att de cellulosa nedbrytande mikroorganismerna kan trivas. pH i vommen bör ligga mellan 6,2 och 6,7 för att vara optimalt för dessa. Dessutom ympas mikroberna in på nytt i fodret när det tuggas om och på så sätt förbättras mikrobernas angreppsförmåga. (Björnhag, 1989). En idisslingsomgång tar ca 40 sekunder och den sönderdelning som sker där är omfattande och har stor betydelse för intaget av grovfoder. Detta beroendes på att stora foderpartiklar, rent fysiskt fyller vommen och hämmar därmed konsumtionsförmågan. (Gustavsson, 2000).

Foder som kon precis svält ner flyter i vomvätskan, p.g.a. av att dessa partiklar är stora och innehåller luft. Väl nere i vommen bildar de en flytande matta tillsammans med andra större partiklar. Mattan gör att inte mindre och tyngre partiklar sjunker så lätt till botten av vommen. Fördelen med detta är att uppehållstiden i vommen blir längre och därmed kan fodret smältas bättre. När mikroorganismerna bearbetar de jäsningsbara delarna på partiklarna bildas gas i form av koldioxid och metan, vilket även bidrar till att hålla partiklarna flytande. Med tiden luckras partiklarna upp samtidigt som den mikrobiella verksamheten börjar avta. Partikeln får en allt större yta i förhållande till sin volym och det blir svårare för den att hålla kvar de gasbubblor som bildas. Till slut återstår endast ett fiberskelett bestående av cellulosa och hemicellulosa bundet till lignin. Partikeln har nu blivit så tung att den sjunker mot botten. (Björnhag, 2000)

Foderpartiklarnas fysiska struktur är avgörande för hur länge de stannar och transporteras i vommen. Uppehållstiden beror på hur grovt och nedbrytbart fodret är. Genom att inte tugga fodret så väl innan det sväljs blir uppehållstiden i vommen längre. Detta beror på att större partiklar håller sig flytande och inte sjunker så snabbt i vommen. Generellt gäller att uppehållstiden ökar ju grövre och mer svårnedbrytbart fodret i vommen är. (Björnhag, 2000) Det finns ingen tydlig storleksgräns för vilka partiklar som kan passera ut ur vommen, men ju större de är desto mindre är sannolikheten att de slipper ut (Poppi et al., 1980). Partiklar större än 1,2-4,3 mm (Poppi et al., 1981; Ulyatt et al., 1986; Woodford & Murphy., 1988; McDonald et al., 2002) passerar sällan ut ur vommen. Den mesta delen av vomminnehållet har en partikelstorlek som är mindre än den tröskelstorlek där vompassage tillåts, mekanismer som styr de mindre vompartiklarnas utflöde ur vommen är delaktiga i regleringen av vompassagen (Poppi et al., 1981).

Större partiklar stimulerar idissling genom att de mekaniskt retar slemhinnan närmast den övre magmunnen (Björnhag, 2000). Foder som innehåller lite eller inget grovfoder alls bidrar inte till att utlösa idissling. Hur mycket tid som går åt till idissling beror på hur mycket fibrer som fodret innehåller (McDonald et al., 2002). Rent generellt spenderar nötkreatur åtta timmar per dag åt att idissla eller lika lång tid som de betar (McDonald et al., 2002).

### **Salivens betydelse**

Idisslingen gör att foderpartiklarna sönderdelas samtidigt som de mikrober som följer med idisslingsbollen upp ympas in i materialet så att de lättare kan angripa partiklarna inifrån. En ytterligare finess är att det bildas mycket saliv vid idisslingen. Saliven innehåller buffrande ämnen vilket gör att pH i vommen kan hållas på en gynnsam nivå för mikroberna under jäsningsprocessen. (Björnhag, 2000). Det är vätekarbonat och vätefosfat som har de buffrande egenskaperna i saliven. Saliven innehåller dessutom ämnen med skumbrytande egenskaper, detta för att förebygga att djuret drabbas av trumsjuka, vilket är särskilt viktigt eftersom det bildas mycket gas och skumbildande ämnen i vommen vid nedbrytningen av foder. Tack vare de skumbrytande ämnena i saliven får nötkreaturen sällan trumsjuka. Effekten av salivens buffrande egenskaper samt de skumbrytande ämnena i den gör det extra viktigt att djuren får i sig tillräckligt med foder som stimulerar till idissling och därmed salivutsöndring. (Gustavsson, 2000).

En ko producerar dagligen mellan 100-200 liter saliv av flera spottkörtlar belägna vid munhålan (Gustavsson, 2000). Salivproduktionen hos nötkreatur är ganska konstant och underlättar fodrets nedsväljning. Fiberrikt foder med stora partiklar kräver mer tuggning än pelleterat foder vilket gör att det produceras mer saliv per enhet konsumerad fiberrikt foder än pelleterat. Därför bildas inte lika mycket saliv när pelleterat foder äts på grund av att det tuggas mindre, därmed fås inte heller samma effekt av de buffrande ämnena i saliven eftersom det bildas en mindre mängd saliv. Dessutom innehåller pelleterat foder mycket stärkelse och socker som fermenteras lätt i vommen varav det ansamlas en större mängd flyktiga fettsyror i vommen som sänker pH:t än om nötkreaturen konsumerar grovfoder. Grovfodret i sin tur tuggas mer vilket bidrar till att mer saliv bildas jämfört med kraftfoder, dessutom så jäses det långsammare vilket gör att koncentrationen av syror inte blir lika hög. En allt för kraftig sänkning av pH:t i vommen resulterar i sämre nedbrytning av fiberrikt material eftersom de mikroorganismer som tar hand om det materialet är känsligare för ett lågt pH än de som bryter ner stärkelse och socker. (Chamberland & Wilkinson, 1996)

## **Fysisk struktur**

### ***Vad menas med fysisk struktur i fodret?***

Strukturen hos ett fodermedel beskriver dels dess fysiska form, partikelstorleken, hur partiklarna är dimensionerade, deras hårdhet och förmåga att motstå mekanisk nedbrytning vid tuggning. Vilken partikelstorleken sedan blir beror på fodrets naturliga fysiska form kombinerat med vilken sorts bearbetning som fodret utsatts för, exempelvis malning, snittning, krossning, pelletering och hårdheten hos det icke bearbetade fodret. Hårdheten är avgörande för vilken effekt bearbetningen har på fodret och påverkar därmed partikelstorleken. En ytterligare viktig faktor vid bestämning av ett fodermedels struktur är dess kemiska sammansättning. Det som åsyftas är de strukturgivande fiberfraktioner som fås vid en kemisk analys, exempelvis NDF, ADF, (acid-detergent fiber), lignin, växttråd och vatteninnehåll. (Nørgaard, 2003a).

Hur strukturen blir i grovfoder är beroende av vilket skördesystem man använder. Maskintypen är avgörande för vilken teoretisk snittlängd som fås. Vid storbalsensilering är det vanligt att materialet inte snittas särskilt mycket utan består av långsträigt material. Två andra vanliga maskintyper är exakthack och snittvagn, där snittvagnen ger en högre teoretisk snittlängd än hos exakthacken. Den teoretiska snittlängden kan ställas in på maskinerna genom att man ändrar antalet knivar, knivarnas rotationshastighet och körhastigheten. Strängläggning och vändning av strängarna innan snittning kan göra att stråna delvis snittas vinkelrätt på deras längdriktning. Detta medför att partikellängden blir väsentligt längre än den teoretiskt inställda snittlängden. (Nørgaard, 2003a). Den teoretiska snittlängden kan även påverkas av annan teknisk utrustning som fodret passerar innan utfodringen vilket kan reducera partikellängden ytterligare (American Society of Agricultural Engineers, 1993).

### ***Vad är fiber?***

Fiber tillhör gruppen strukturella kolhydrater. Kolhydrater är uppbyggda på en rad olika sätt, allt ifrån former av enkla sockermolekyler till komplexa polymerer av sockermolekyler. (McDonald et al., 2002). Kolhydrater kan utgöra så mycket som 70 procent eller mer av det totala torrsubstans-intaget i foderstater till mjölkkor och är den främsta energikällan. Fiber kan nutritionellt definieras som en långsamt nedbrytbar eller icke nedbrytbar fraktion vilken tar upp utrymme i digestionskanalen hos djuret. (Mertens, 1997).

En viktig aspekt att tänka på när det gäller utfodring av fiber är att även om tillräcklig mängd NDF ges kan samma utfodringsrelaterade problem uppkomma som vid utfodring med för lite NDF. Detta om det saknas en tillräcklig mängd långa partiklar, dvs fodret är strukturfattigt (Beauchemin and Yang, 2005). Skillnader i mängd fiber och dess fysiska egenskaper kan påverka utnyttjandet av foderstaten och därmed djurets prestation (Mertens, 1997).

### ***Hur kan fysisk struktur mätas?***

Som nämnts ovan är det viktigt att foderstaten innehåller en miniminivå av fiber för att undvika utfodringsrelaterade problem. Andelen fiber i fodret mäts kemiskt vanligtvis som NDF eftersom man då får med sig den totala andelen fiber, (cellulosa, hemicellulosa och lignin). Detta säger emellertid ingenting om vilken strukturell karaktär fodret har (tex partikelstorlek och densitet). (Mertens, 1997). Detta var starten till att Balch (1971) föreslog att man skulle kunna mäta de fysiska egenskaperna hos fodret genom att mäta sammanlagd ät

och idisslingstid (chewing time) per kg torrs substans konsumerat foder. Efter detta lät Sudweeks et al (1979 & 1981) mäta "chewing time" på ett antal olika foder och koncentrat. Han utvecklade "the roughage value index" (index för grovfoder) för att kunna möta behovet av tillräcklig tuggtid. För gräsenslike hade indexet en variation mellan 99 till 120 minuter/kg torrs substans.

Ett ytterligare sätt att mäta de fysiska egenskaperna hos fodret introducerades av Mertens (1997) och kallas "physically effective NDF" (fysiskt effektiv fiber) och definieras som den del av fibern som stimulerar idissling och salivering. Konceptet togs fram för att spegla de fysiska egenskaperna hos NDF (partikelstorlek) som bidrar till tuggaktivitet och därmed salivproduktion. Hypotesen är att fibrer i långa foderpartiklar över 1 cm stimulerar till tuggning och salivutsöndring vilket hjälper till att neutralisera de syror som produceras i samband med fodernedbrytningen i vommen. (Beauchemin & Yang, 2005). 1985 påvisade Poppi et al att partiklar som stannade kvar på en sikt och var minst 1,18 mm passerade långsammare ut ur vommen än de som inte fastnade i sikten. Utifrån detta föreslog Mertens att partiklar som fastnade i 1,18 mm sikten endast kunde lämna vommen om de fördelades till en mindre storlek, exempelvis via idissling och nedbrytning, därmed skulle dessa partiklar stimulera till mer salivutsöndring än de partiklar som är mindre än 1,18 mm. Mertens (1997) introducerade en minimum norm för hur mycket fysisk effektiv fiber som mjölkkor behöver ha per kg torrs substans i foderstaten, nämligen 22 procent effektiv NDF.

Fysiskt effektiv fiber (peNDF) kan räknas ut hos ett fodermedel genom att multiplicera NDF-innehållet med dess fysiskt effektiva faktor pef (physical effectiveness factor). Definitionsmässigt varierar pef från 0 när NDF inte är effektiv i att stimulera tugg-aktivitet, till 1 när NDF till fullo gör det. (Mertens, 1997). Pef kan räknas ut som summan av de partiklar som är kvar på en sikt där maskstorleken är 19 och 8 mm (Beauchemin & Yang, 2005). peNDF kan också räknas fram genom att multiplicera NDF-innehållet med de partiklar som stannar på en 1,18 mm sikt (Mertens, 1997).

peNDF är kopplat till fiberkoncentration, partikelstorlek och nedbrytning av partiklar vilket gör att den är relaterad till bildandet av svämtäcket i vommen vilken är nödvändig för att fermentation och idissling samt passagen av partiklar ut ur vommen ska fungera (Mertens, 1997).

## **Bestämning av partikelstorlek**

### **Siktning**

Partikelstorleken i foder kan bestämmas via våt- eller torrsiktning. Vid torrsiktning torkas provet först innan det skakas mellan såll med olika maskstorlek. Vid våtsiktning sköljs provet med vatten genom sållen. (Ulyatt et al., 1986). En vanlig sikt består av 3-6 st siktar med avtagande masköppningar och är placerade ovanpå varandra med den största masköppningen längst upp och den minsta längst ner. På så vis stannar de största partiklarna kvar längst upp och de minsta hamnar längst ner i en skål. (Nørgaard, 2003a).

Siktning är dock förknippat med en del felkällor och det är viktigt att tänka igenom om det är partiklarnas längd eller bredd som är avgörande för i vilken sikt de fastnar i. (Nørgaard, 2003a). Torrsiktning tenderar att fraktionera partiklarna efter deras diameter medan våtsiktning separerar dem mer efter längd (Van Soest, 1994). Vid torrsiktning kan framförallt långa foderpartiklar stå på högkant i sikten och därmed passera igenom hålet i ett såll som har

en mindre öppningsdiameter än partiklarnas längd (Vaage et al., 1984). Om man inte är försiktig vid torrsiktningen finns risk för att materialet går sönder vilket ger ett missvisande resultat (Ulyatt et al., 1986). Det är även ett problem att mindre fuktiga partiklar kan häftas ihop med större partiklar och på så vis stanna högre upp i sikten. Det problemet kan till viss del rättas till med våtsiktningsteknik eller att man använder olika partikelseparatorer som låter partiklarna glida parallellt med längdriktningen ned genom hål med avtagande storlek. Den metoden har använts vid bestämning av partikelstorleken i många snittade gränsilage. Udén & Van Soest (1982) och Woodford & Murphy (1988) jämförde våt och torrsiktning och fann att man vid våtsiktning fick en större partikelstorlek än vid torrsiktning. Den lägre partikelstorleken vid torrsiktning kan förklaras med att flera långa partiklar passerar sållens öppningar vinkelrätt (Woodford & Murphy, 1988). Det som kan konstateras är att partiklarnas form är avgörande för sorteringen i en sikt och har därmed betydelse vid bestämningen av partikelstorleken (Nørgaard, 2003a).

## Penn State Partikelseparator

Penn State partikelseparator (PSPS) är ett hjälpmedel för att med siktning av foderprover bestämma fodrets strukturverkan i kon (Heinrichs & Kononoff, 2002). PSPS har blivit accepterat som en snabb och praktisk metod att bestämma partikelstorleken i vallfoder och fullfoder/blandfoder. När man använder PSPS fås en fördelning av partiklar från tre olika fraktioner. Det är partiklar större än 19 mm, de mellan 19 och 8 mm samt partiklar mindre än 8 mm (Lammers et al., 1996). Med hjälp av PSPS kan pef (fysisk effektiv faktor) beräknas som summan av andelen partiklar som fanns kvar på både 19 och 8 mm sikten (Beauchemin and Yang, 2005). Pef används för att beräkna andelen fysiskt effektiv fiber och definieras som den del av fibern som stimulerar idissling och salivering (Mertens, 1996). PSPS kan även användas för att mäta fysiskt effektiv fiber genom att sätta till en såll med en öppning på 1,18 mm, de partiklar som blir kvar där måste brytas ner för att kunna lämna vommen och skulle därmed stimulera idissling och salivering enligt Mertens (1996).

Vid användningen av PSPS görs en kvantitativ bestämning av partikelstorleken genom att ett ”färskt” prov av antingen grovfoder eller fullfoder/blandfoder skakas genom två såll enligt en särskild ordning. Om provet är blött dvs har torrsubstanshalt under 45 procent kan det bli problem vid skakningen då partiklarna klumpar ihop sig och inte vill separera ifrån varandra. (Heinrichs & Kononoff, 2002). I Heinrichs & Kononoff (2002) manual för Penn State Partikelseparator finns rekommendationer om hur andelarna av ett skakat prov bör fördela sig mellan de olika sållen för att kon ska få i sig tillräckligt med strukturfoder. Se tabell 1.

Tabell 1. Heinrichs & Kononoff (2002), rekommendationer angående partiklarnas fördelning hos ett skakat prov vid användning av Penn State Partikel Separator.

Plastbox	Hålens diameter	Partikelstorlek	Vallensilage	Fullfoder	Majsensilage
Översta	19 mm	> 19 mm	10 – 20 %	2 – 8 %	3 – 8 %
Mellersta	8 mm	8 -19 mm	45 – 75 %	30 – 50 %	45 -65 %
Botten	Inga hål	< 8 mm	25 – 35 %	50 -70 %	35 -45 %

PSPS är anpassad efter amerikanska foderstater, därför har man i Danmark gjort studier på om den kan passa för att mäta strukturen även i danskt vallfoder. I en studie gjord av Theilgaard et al. (1999), skakades 500 gram prov från 120 vallensilagepartier med en PSPS. Det man kom fram till var att den inte var lämplig till att bestämma partikelstorleken då ensilaget ofta

var så blött att det mesta stannade i de översta sållen. Det var främst i gräsensilage som dessa problem förekom, där i genomsnitt 81 procent av ensilaget återfanns på översta sållet. (Theilgaard et al., 1999). Se tabell 2.

Tabell 2. Fördelningen av partiklar skakade med en Penn State Partikel Separator på danska ensilage i ett försök av Theilgaard et al, (1999)

<b>Ensilage i försöket</b>	<b>Antal prov</b>	<b>Torrsubstans</b>	<b>% på översta sållet</b>	<b>% på mellersta sållet</b>	<b>% på botten</b>
Gräsensilage	33	30	81	13	6
Helsädesensilage av vete	6	40	54	33	14
Majsensilage	29	25	35	51	15
Helsädesensilage av korn/ärt	23	29	65	23	14

I ytterligare ett danskt försök, (Bligaard, 2003), bestämdes partikelstorleken i 16 olika fullfoderblandningar med en PSPS. I försöket uppfyllde ingen av blandningarna Heinrichs and Kononoffs rekommendationer (se tabell 1 och 2) utan 19-52 procent av det skakade provet hamnade på det översta sållet jämfört med det rekommenderade 2-8 procent. Av försöket drogs slutsatsen att partikelseparatorn fungerar bra och kan användas vid strukturutvärdering av fullfoder men att rekommendationerna behöver anpassas efter danska förhållanden med mer långsträigt foder. (Bligaard, 2003).

### **Bildbehandlingsteknik**

Vid bildbehandlingsteknik kan de enskilda partiklarnas fysiska dimensioner kvantifieras med hjälp av längd, bredd och area. Bildbehandlingsteknik ger ett tillförlitligt mått på den area som varje enskild partikel täcker, nackdelen är dock att längden hos långa böjda strån undervärderas. (Nørgaard, 2003a).

Med utgångspunkt från partiklarnas area och längd eller partikelmassan i de olika fraktionerna från siktning kan partikelfördelningen karakteriseras i form av ett genomsnitt och en spridning. Beräkningar av genomsnittet kan göras från antagandet om en normalfördelning (aritmetisk genomsnitt) (Waldo et al., 1971), en gammafördelning eller en Weibull fördelning (Murphy & Bohrer, 1984). Enligt ASAE (1991) används en logaritmisk normalfördelning till cirkulära och kubiska partiklar medan exponentiella och gammafördelningar bäst passar till beskrivning av långa partiklar.

Sammanfattningsvis utförs bildbehandlingsteknik enligt följande procedur. Först torrsiktas ett prov, därefter görs en inskanning av partiklarna i de olika siktfraktionerna. Med hjälp av ett data program mäts partiklarnas bredd, längd och area, denna information används därefter i en statistisk analys och en fördelning av partiklarna fås fram. (Nordqvist, 2006).

### **Manuell sortering**

Partikelstorleken kan även bestämmas med hjälp av manuell sortering i olika storleksgrupper (Castle et al., 1981; Person, 1968).

## **Varför är fibrer och fysisk struktur viktigt för mjölkkor**

För att tillgodose det energibehov som en högproducerande ko har krävs att man går in med en stor andel kraftfoder i foderstaten, kombinerat med ett högkvalitativt grovfoder. Om foderstaten inte är väl balanserad kan det i sämsta fall leda till att korna får i sig för lite fiber, vilket kan ge störningar i vommen. För lite fibrer kan leda till minskat foderintag och nedbrytning av fodret eller hälsostörningar i form av utfodringsrelaterade sjukdomar som exempelvis acidosis, trumsjuka, löpmagsomvridning mm. Det kan även bidra till ökad nedbrytning av fettdepåer i kroppen samt minskad fetthalt i mjölken. För att undvika dessa problem måste det ingå en viss miniminivå av fibrer i foderstaten. (De Boever et al., 1993)

Det har även länge varit känt att andelen fiber i fodret påverkar fetthalten i mjölken (Mertens, 1997). Detta är ytterligare en anledning till varför det är så viktigt att korna får i sig tillräckligt med fiber.

Det räcker dock inte att bara låta fiberrikt material ingå i foderstaten utan det krävs även att strukturen på fibermaterialen är den rätta. Det som stimulerar idissling är långa partiklar. Brist på struktur (längre foderpartiklar) i fodret kan ge samma problem som brist på fiber. Därför är det viktigt att titta på partikelstorleken, framförallt hur stor andel som påverkar idisslingsaktiviteten och därmed salivproduktionen, eftersom den ska bidra till en stabil vommiljö genom att neutralisera de syror som nedbrytningen av fodret leder till. (Beauchemin & Yang, 2005).

Det är inte bara vommiljön som påverkas positivt av rätt intag av fiber, man kan även motverka stereotypa beteenden genom rätt utfodringsstrategi. Foder som på grund av mängd eller struktur ger långa ättider och idisslingstider ger en låg frekvens av stereotypier medan foder som ger korta ättider/idisslingstider ökar frekvensen av antalet djur som visar stereotypa beteenden liksom den tid djuren ägnar åt dessa beteendestörningar. (Redbo, 1995).

## **Styrning av foderintaget**

Foderintaget påverkas av djurets karaktärsdrag, typ av foder och utfodrings situation, (Mertens, 1994). Intaget av foder beror även av faktorer som påverkar vommens och idisslarens storlek, (McDonald et al., 2001). Vilken foderintagskapacitet djuret får beror av kön, fysiologisk status (underhållsbehov, tillväxt, dräktighet och laktationsstadium), storlek, kroppsform och hälsa, (Mertens, 1994).

Idisslarens preferenser för att äta ett visst foder beror av tidigare positiva eller negativa erfarenheter i samband med intaget av foder med liknande visuell karaktär (Provenza, 1995). Regleringen av foderintaget sker på olika sätt. En form av reglering sker på metabolisk nivå, där koncentrationen av näringsämnen, metaboliter och hormoner stimulerar nervsystemet att signalera till djuret om det ska sluta eller börja äta. (McDonald et al., 2001). Kontrollen av hungern sker i det område av hjärnan som kallas hypothalamus. Signaler tas emot från tarmen, levern, blodet samt kroppens energi-depåer. (Chamberland & Wilkinsson, 1996). Mättnad kan antingen signaleras via metaboliter i blodet, levern eller via tarmväggens sträckning. Men hungern kan även signaleras genom receptorer i tarm-väggen liksom genom bortförsl av mat från mag-tarm kanalen allt eftersom matsmältningen fortgår. (Chamberland & Wilkinsson, 1996). Yttre faktorer kan även påverka intaget av foder. En sådan är temperatur. Värme produceras under matsmältningen och ämnesomsättningen och man tror att denna värmebildning kan skapa en signal till hjärnan (hypothalamus) som är med och styr



foderintaget. Rent praktiskt kan man se att höga yttre temperaturer bidrar till att djuren minskar sitt foderintag och därmed bildas mindre värme. (McDonald et al., 2001). Det finns även en långsiktig reglering av foderintaget. Den är till för att reglera kroppsvikten över tiden genom att öka eller minska vikten (Chamberland & Wilkinsson, 1996).

När det gäller grovfoder så påverkar även kvalitén på fodret hur mycket djuret kan konsumera. Ju högre innehåll av cellväggar desto lägre intag av foder p.g.a. att det tar längre tid att bryta ner fibern än annat mer lättsmält material. Fibern fyller ut vommen och partiklarna måste brytas ner till en viss storlek innan de kan lämna vommen och ge plats till nytt material. (Chamberland & Wilkinsson, 1996). För nötkreatur är den kritiska partikelstorleken 3-4 mm för passage ut ur vommen (McDonald et al., 2001). Det kan dock skilja i intag även om man har samma innehåll av cellväggar, det beror på att alla cellväggar inte är av samma typ varav det inte blir samma effekt. Graden av lignifiering, strukturell geometri och fiberlängden påverkar hastigheten och i vilken utsträckning som partiklarna bryts ner i vommen.(Chamberland & Wilkinsson, 1996).

### **Faktorer som påverkar smältbarheten**

Fodrets smältbarhet är en viktig faktor, eftersom det avgör hur mycket av fodret som djuret kan tillgodogöra sig. Smältbarhet definieras som den andel som inte följer med ut i träcken och som därmed antas tas upp av djuret. Vanligtvis uttrycks det i torrsubstans som en koefficient eller procenttal (McDonald et al., 2002).

Den del i växten som har störst påverkan på smältbarheten är fiberdelen. I exempelvis vallfoder har utvecklingsstadiet en stark påverkan på smältbarheten. Utvecklingsstadiet påverkar den kemiska sammansättningen, vilket gör att mängden fiber och dess kemiska sammansättning är viktig för smältbarheten. (McDonald et al., 2002)

Fiberdelen i växterna består av olika sorters kolhydrater som cellulosa och hemicellulosa, men här ingår även en icke kolhydrat, lignin. Det är detta som vi kallar fibrer eller cellväggar. Hos en ung planta utgör cellväggarna en mindre del, men ju äldre plantan blir desto större andel består av cellväggar. Ju äldre plantan blir desto mer svårsmält blir den också p.g.a. att hemicellulosan och cellulosan blir mer och mer bunden till lignin som inte kan brytas ner av djuren. (Persson, 2001). Cellväggens smältbarhet påverkas även av strukturen hos växternas vävnader (McDonald et al., 2001).

Man kan även påverka smältbarheten på fiberdelen genom olika behandlingar av fodret, exempelvis hackning, krossning, malning mm. Det som har störst påverkan på smältbarheten av dessa metoder är malning följt av pelletering. Malet grovfoder passerar fortare genom vommen än långt eller hackat material, men fiberfraktionen i det malna fodret blir då ofta mindre fermenterat. Detta gör att smältbarheten av råfibern kan reduceras så mycket som 20 procent och på torrsubstans-basis 5 - 15 procent. Störst effekt fås på grovfoder som redan från början hade en sämre smältbarhet. (McDonald et al., 2001).

Det är inte bara processandet av fodret innan intaget som har betydelse för smältbarheten. Även mängden foder spelar roll. En ökning av mängden konsumerat foder skapar generellt en snabbare passage av digestionsmaterial. Det gör att fodret utsätts för digestionsenzym under en kortare period vilket kan leda till en försämrad smältbarhet. Det som påverkas mest av minskad smältbarhet p.g.a. ökad passagehastighet genom digestionsorganen är de delar av fodret som smälts långsammast, nämligen fiber fraktionen. (McDonald et al., 2001).

## **Konsumtionsmönster**

Nötkreatur är ursprungligen betesdjur. Under naturliga förhållanden åtgår en tredjedel av dygnet till att beta och lika lång tid till att bearbeta födan genom idissling. (Redbo, 1995). En ostörd flock nötkreatur har en speciell dygnsrytm där de betar under fyra till fem perioder under ett dygn nämligen tidigt på morgonen, mitt på dagen, sent på eftermiddagen och under natten. De spenderar mellan fyra till tio timmar åt att beta beroende på födotillgång och väderlek. I anslutning till varje betesperiod idisslar de, sammanlagt sker det mellan fyra och nio timmar per dygn. (Jensen, 1993).

Enligt sammanställningar av försök gjorda på mjölkkor av olika författare där man mätt tuggtid, ättid och idisslingstid åtgår 4-7 timmar per dygn till att äta och 6- 10 timmar till att idissla (Nørgaard, 2003b).

Vid olika utfodringssituationer sker intaget av foder på olika sätt. Om fodret ges *ad libitum* (fri tillgång) har man sett att idisslare fördelar intaget av foder mellan 6 till 15 måltider under dygnet. Om fodret endast tilldelas vid 2 tillfällen sker intaget med 2 stora huvudmål efter morgon och kvällsutfodringen med en varaktighet på 1- 2 timmar. (Nørgaard, 2003b). Däremellan kan det vara 4 till 10 mindre måltider med 5-30 minuters varaktighet under dagen och i anslutning till nattimmarna (Dulphy et al., 1980). Vid ännu restriktivare utfodring bestäms antalet måltider i ännu högre grad av antalet utfodringstillfällen. (Nørgaard, 2003b).

*Ad libitum*-utfodring av ensilage, hö och halm kan ge en idisslingstid på 10-12 timmar per dag. Hur länge det dagliga intaget av fodret sker samt idisslingen beror på hur stort intaget av grovfodret är. Det kan användas som en indikator på om förjäsningprocesserna i förmagarna sker på ett fördelaktigt sett, liksom tuggaktiviteten avspeglar djurets energibalans och sundhetsstatus vid fri tillgång på grovfoder. Speciellt högmjolkande kor ligger i riskzonen för att drabbas av sjukdomar relaterade till utfodring. Detta eftersom de äter stora mängder kraftfoder och en större andel finfördelat foder, vilket ger ett större foderintag, men mindre idisslingsaktivitet, som i sin tur bidrar till att mindre saliv produceras, som kan hålla pH på en optimal nivå. En sur vommiljö kan i sin tur hämma motoriken i vommen samt ge en långsam mikrobiell nedbrytning av fibern i fodret eftersom de cellulosa nedbrytande bakterierna hämmas av ett lågt pH. Sammantaget kan utfodring med stora mängder kraftfoder ge en sänkt fetthalt i mjölken samt ökad risk för olika utfodringsrelaterade sjukdomar. (Nørgaard, 2003b). Exempel på olika hälsostörningar som är utfodringsrelaterade och som beror av brist på strukturgivande foder är acidosis, trumsjuka, löpmagsförskjutning, skador på vomepitliet, och förlamning samt ökad inlagring av kroppsfett (Miller & O'Dell, 1969).

## **Äthastighet**

Äthastighet kan mätas som den mängd foder som konsumeras per tidsenhet, exempelvis den mängd foder som intas under ett dygn eller den tid som åtgår till att inta en portion foder (min/kg torrs substans) men även som (gram torrs substans/minut). Kor använder vanligtvis 3-4 minuter till att äta 1 kg kraftfoder och en halvtimme till att äta 1 kg hö. Äthastigheten är högst i början av en måltid och lägst i slutet av den. Äthastigheten beror av djuret, fodret, utfodringen och miljön runt omkring. Restriktivt utfodrade djur äter små portioner kraftfoder snabbt medan *ad libitum*-utfodrade djur äter fiberrikt och osnittat foder tex lång halm långsamt. Grova och fiberrika hårda strån med en bitter smak intas långsamt eller väljs bort till fördel för mjukt och sött gräs. (Nørgaard, 2003b). Fodermedel med en liten partikelstorlek tex kraftfoder äts med en hög hastighet ca 100-300 gram/minut medan grova och fiberrika fodermedel i långstråig form som hö eller halm äts långsamt med en hastighet på 20-50 gram

torrsubstans/minut och stimulerar korna till att idissla (Beauchemin, 1991; Nørgaard, 1981) Äthastigheten (gram torrsubstans/minut) av blött foder som ensilage med en torrsubstans-halt under 40 procent är generellt 5-20 procent lägre än hö och ensilage med en torrsubstans-halt över 40 procent (de Boever et al., 1993). Äthastigheten hos grovfoder kan ökas och ättiden reduceras vid snittning av grovfodret (Nørgaard, 2003b).

## **Idissling**

Vid idissling stöter kon upp foderbollar som tuggas under 30-60 sekunder innan de sväljs ner igen. Nötkreatur rapar dagligen upp mellan 100 till 600 idisslingsbollar och utför ca 19000-34000 tuggrorelser i samband med idisslingen. Antalet idisslingar ökas med stigande intag av grovfoder med stora partiklar. Flest timmar med idissling fås hos mjölkkor som utfodras med måttliga mängder kraftfoder men med ett stort intag av grovfoder. Idissling sker i perioder mellan en halvtimme till en timme då det rapas upp mellan 30-60 idisslingsbollar.

Käkrörelserna under idissling är generellt sett regelbundna med avseende på deras frekvens och storlek jämfört med käkrörelserna vid intag av foder eller andra typer av käkrörelser. (Nørgaard, 2003b). En del av förklaringen till detta är att idisslingen i huvudsak sker när nötkreaturen ligger ner och vilar i motsats till när det konsumerar foder då djuret står upp och är ansträngt (Nørgaard et al., 2002).

## **Tuggaktivitet**

Tuggaktivitet sker jämt fördelat över dygnet under 8-20 perioder med en varaktighet från 5 minuter upp till 2 timmar. Periodernas längd ökas när idisslingstiden blir längre. Vid ad libitum utfodring med ett foder som har högt tuggtidsindex kommer kon att växla mellan att äta, hålla pauser och idissla i perioder från 5 minuter till 60 minuter under dygnet. Enskilda tuggperioder består av 10-100 cykler med intensiv tuggning följt av korta pauser på mellan 2 till 10 sekunder. Vid idissling är cyklerna mycket regelbundna. En idisslingscykel består vanligtvis av 30 till 60 tuggningar per idisslingscykel samt en mindre variation i antalet tuggor per minut. Den genomsnittliga tuggfrekvensen är i genomsnitt lägre vid idissling än i samband med foderintag. (Nørgaard, 2003b).

Till sammanlagd tuggaktivitet (eller tuggtid) räknas intaget och finfördelningen av fodret samt idisslingen. Vid ad libitum utfodring med grovfoder så är 30 - 45 procent av den samlade tuggtiden på mellan 2 - 16 timmar själva intaget av foder. Den dagliga tuggtiden ökar generellt med ökat foderintag eller vid ökat intag av ej förmalt grovfoderfiber. (Nørgaard, 2003b). Freer & Campling (1965) fann att vid ad libitum utfodring av sinkor med förmalt foder en daglig tuggtid på 2-3 timmar. Findelning av grovfoder genom snittning, förmalning och pelletering reducerar grovfodrets stimulerande effekt på den tid som djuret använder till att äta och idissla.

Den kortast uppmätta publicerade tuggtiden är uppmätt på lakterande kor under restriktiv utfodring fördelat på 12 gånger per dygn (Nørgaard, 1989a). Se tabell 3. I försöket såg man att den dagliga ättiden, idisslingstiden samt den sammanlagda tuggtiden steg vid en ökad andel halm i foderstaten. Den högst uppmätta tuggtiden på 16 timmar är observerat på kor fodrade med lusernhö samt 4 kg kraftfoder (Beauchemin et al., 1994b). Den sammanlagda tuggtiden hos mjölkkor avtar med ökad giva av kraftfoder. Martz & Belyea (1986) refererar ett försök med mjölkkor som utfodrades ad libitum med lusernhö som var skördat före och efter blomning. Den sammanlagda tuggtiden avtog från 16 till 11 timmar när kraftfoder andelen ökade från 20 till 71 procent. Vid samma kraftfoder tilldelning var den sammanlagda

tuggtiden 2 timmar kortare vid utfodring av lusernhö som var skördat på ett tidigt utvecklingsstadium jämfört med det som var skördat senare.

Tabell 3. Daglig tuggtid, vommotorik, pH i vommen samt nedbrytningshastighet av förmalen halm i vommen hos mjölkkor som fodrats restriktivt 12 gånger om dagen med fömalt foder samt ökande % lång halm i foderstaten (Nørgaard, 1989 a,b)

	Enhet	Andel lång halm (%)		
		4	10	20
Foderintag	kg ts/dygn	16	16	16
Ättid	min/dygn	83	85	104
Idisslingstid	min/dygn	130	220	400
Sammanlagd tuggtid	min/dygn	220	310	510
Vommotorik	antal kontraktionsserier/ min	1,1	1,1	1,3
pH i vomvätskan		5,8	6,1	6,2
Nedbrytning av förmalen halm in sacco i vom	% nedbryten ts efter 48 timmar	19	32	35

## Tuggtid som mått på struktur hos fodret

### *Det danska systemet för tuggtid*

I Danmark mäter man tuggtid och använder det som ett mått för att se till att korna får i sig tillräckligt med fiber av god fysisk struktur. Tuggtid mäts som sammanlagd ättid och idisslingstid. Kornas tuggaktivitet stimuleras av intag av stora fiberrika grovfoderpartiklar. (Nørgaard, 2003a). Enligt Balch (1971) har olika fodermedel en tuggtid (min/kg torrsbstans) som varierar från 4 minuter för pelleterat kraftfoder, 50-90 minuter för hö och upp till 100 minuter för snittad havrehalm. Sudweeks et al (1979) påvisade ett fall i mjölkens fetthalt när korna tuggade mindre än 30 minuter per kg torrsbstans vid stigande findelning av hö. Grant et al (1990) fann stigande nivåer av glukos och insulin i blodet hos mjölkkor som utfodrades med fullfoderstater med tuggtider lägre än 35 minuter per kg torrsbstans. Problemet med en ökad halt av glukos är att det blir en höjning av insulinnivån i blodet vilken stimulerar till en ökad fettbildning i kroppen. Mycket insulin kan göra att djuret bildar depåfett samtidigt som det blir mindre ättiksyra kvar till bildandet av smörfett. I sämsta fall kan detta ge fetthaltdepression. (Björnhag, 1989).

Nørgaard introducerade ett system 1983 där han kunde förutsäga tuggtiden av ett fodermedel som en produkt av växtrådinnehåll och findelningsgraden (F-faktorn). F-faktorn anger den relativa tuggtiden för snittat grovfoder i förhållande till icke snittat grovfoder. Begreppet "standard tuggtid" kom till. Det var mätt på kor med en vikt av 550 kg och som fodrades med en standardiserad foderstat på 14 FE / dag enligt danska normer för mjölkkor mitt i laktationen. Enligt Nørgaard ger 1 kg finmalet kraftfoder 4 minuters tuggtid och 1 kg grovmalet foder 10 minuters tuggtid oavsett fiberinnehållet. (Nørgaard, 1983).

Det nya strukturvärderingssystem som Nørgaard införde bygger, som nämnts ovan, på tuggtid och är relaterat till vilken sorts foder som ges och om det är malet eller hackat. Tuggtiden beror på vilken partikelstorlek fodret har samt av innehållet av växtråd. I systemet delas

fodret in i olika grupper beroendes på dess fysiska struktur. Grupp 1 består av spannmål, koncentrat och pelleterat foder, de har en standardiserad tuggtid på 4 och 10 minuter/ kg av torrsubstansen vilken beror av partikelstorleken. Foder som tillhör grupp 2 (grovfoder och fiberrikt foder som inte räknas som grovfoder) har fått en tuggtid som baseras på en standard tuggtid av 300 minuter/ kg intagen råfiber multiplicerat med findelningsgraden, F-faktorn. Se tabell 4. (Nørgaard, 1986)

Tabell 4. Bestämning av ”standardtuggtid” av foder till mjölkkor enligt Nørgaards strukturvärderingssystem, (Nørgaard, 1986)

Karaktär	Grad av finfördelning		Grad av hackning		
	Fint malet	Grovt malet	Fint (F=0.25) <sup>1</sup>	Grovt (F=0.75)	Ohackat (F=1.00)
Gruppindelning efter fysisk struktur	1	1	2	2	2
Exempel på foder	Koncentrat, melass	Krossat korn, torkat gräs och majskolv	Betmassa	Fint hackat gräsensilage	Hö, halm, färskt gräs, betor
Medelstorlek av partikeln, mm	<1	1-5	5-10	10-50	>50
”standard tuggtid”, min/kg ts	4	10	Beräknad <sup>2</sup>	Beräknad <sup>2</sup>	Beräknad <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Korrigeringsfaktor för effekten av hackning

<sup>2</sup> Standard tuggtid= F×3×procent råfiber, där det antas att det tar 300 minuter tuggtid / kg råfiber för icke hackat foder.

Skörd av grovfoder sker oftast vid olika utvecklingsstadiet vilket ger ett varierat innehåll av fiber, men även torrsubstans-halten kan variera beroende på förtorkningsgrad. Varierande grad av snittning ger olika partikelstorlek och därmed olika tuggtid både per kg torrsubstans och per kg fiber. Det innebär att den optimala andelen grovfoder till mjölkkor för att säkerställa tillräcklig tuggaktivitet beror av både fiberinnehållet och partikelstorleken.(Nørgard, 2003a).

### **Hur NORFOR behandlar tuggtid**

I det nya nordiska fodervärderingssystemet NORFOR Plan finns ett system för strukturvärdering av foder. Där tas hänsyn till att partikelstorleken och innehållet av osmältbar fiber (iNDF) påverkar fodrets strukturvärde. Grunden till detta är det danska systemet för värdering av struktur, (vilken beskrevs ovan), där kornas tuggtid minuter per kilo torrsubstans foder beräknas. En längre tuggtid innebär mer struktur med de positiva effekter som det ger vovmen. (www.norfor.info).

Tuggtid eller tuggtiden som det kallas i NORFOR beräknas som summan av ättid plus idisslingstid, där idisslingstiden utgör 60-80 procent av den totala tuggtiden för grovfoder, (se beskrivning nedan). Ättiden fås fram via fodrets NDF-innehåll och korrigeras sedan för

fodrets partikelstorlek, p.g.a. en minskad partikelstorlek innebär att ättiden blir kortare. Idisslingstiden beräknas på liknande vis. Utgångspunkten är att kon idisslar 100 minuter per kilo NDF och sedan korrigerar man för fodrets partikelstorlek. Man tar dessutom hänsyn till fiberns kvalitet då innehåll av osmältbar NDF (iNDF) i fodret ingår, på det viset kan skillnader mellan exempelvis gräs med olika smältbarheter fångas upp. Desto högre andel av fibern som är osmältbar desto svårare blir det för kon att bryta ner fibern. Detta ger en längre idisslingstid och därmed ökar den totala tuggtiden, vilket gör att fodret får ett högre strukturellt värde. Man korrigerar idisslingstiden för innehållet av osmältbar fiber genom att beräkna en faktor, som visar hur svårt det är för kon att bryta ner fibern. En finess med att ta hänsyn till hårdheten är att man kan belysa de skillnader som finns mellan olika grödor men även mellan ensilage av olika kvalitet. (Husdjur, 2005).

I NORFOR finns ett värde för minsta rekommenderade tuggtid, vilket kommer att vara intressant att titta på i foderstater till högproducerande mjölkkor där det kan finnas problem med att tillgodose djuren foder med tillräcklig fysisk struktur.(www.norfor.info).

I NORFOR görs en indelning av foder i olika kategorier efter hur fodret är behandlat, se tabell 5. För kategorierna finns sedan ett angivet intervall för partikelstorleken. De olika kategorierna är finmalt, grovmalt, krossat, hackat och ohackat. När man beräknar ättid antas alla fodermedel inom kategorierna finmalt, grovmalt och krossat foder ha en konstant ättid på fyra minuter, dessutom antas idisslingstiden vara noll för finmalt foder. Exempel på foder som räknas som finmalt foder är kraftfoder som köps in av ett foderföretag. (Husdjur, 2005).

Grovfoder delas in i i hackat och ohackat, där hackat foder har en partikelstorlek på mellan 7 och 40 mm. Till denna kategori klassas de flesta ensilage. Som ohackat grovfoder räknas foder med partiklar större än 40 mm, tex långsträigt hö. Någon korrigerig görs inte för kortare tuggtid när fodret har en partikelstorlek som är större än 40 mm. Tuggtiden ökar kurvlinjärt med en ökad partikelstorlek. När partikelstorleken är större än 20 mm påverkas inte tuggtiden så mycket av fodrets partikelstorlek. (Husdjur, 2005).

Olika fodermedel har olika tuggtid tex så har rapsmjöl och korn korta tuggtider (4 respektive 24 minuter per kg torrsbstans) medan grovfodermedel har en tuggtid på över 70 minuter per kg torrsbstans och där över beroendes på vilken typ av grovfoder det är. Andelen osmältbar NDF (iNDF) i fodret påverkar tuggtiden. När iNDF ökar så ökar tuggtiden per kg torrsbstans. Se exempel i tabell 6. (Husdjur, 2005).

Tabell 5. Strukturindelning av foder enligt NORFOR plan, (husdjur,2005).

Fodrets struktur	Finmalt	Grovmalt	Krossat	Hackat	Ohackat
Partikelstorlek	< 2 mm	2-5 mm	6 mm	7-40 mm	> 40 mm
Exempel på foder	Spannmål, mjöl, pelleterat foder,oljekakor			Vallfoder, majsensilage, helsäd, foderbetor, halm, hö	

Tabell 6. Visar skillnader i tuggtid mellan tidigt och sent skördat ensilage. Tuggtiden ökar när NDF och iNDF ökar, (Husdjur,2005).

	<b>Tidigt skördat ensilage</b>	<b>Sent skördat ensilage</b>
NDF, g/kg ts	438	570
iNDF, g/kg NDF	137	311
Tuggtid, minuter/kg ts	58	85

### **Beräkning av tuggtid i NORFOR**

Tuggningsindex (min/kg ts) = ättidsindex + idisslingsindex

Ättiden för kraftfoder är konstant och beräknas till 4 min/kg ts medan ättidsindex för grovfoder och biprodukter beräknas:

Ättidsindex (min/kg ts) =  $0,5 \times \% \text{ aNDF} \times \text{FS\_E-faktor}$

Idisslingstiden för kraftfoder med en partikellängd över 2mm samt för grovfoder och biprodukter beräknas:

Idisslingsindex (min/kg ts) =  $1 \times \% \text{ aNDF} \times \text{FS\_R-faktor} \times \text{hårdhetsfaktor (INDF/NDF)}$

Idisslingstiden för kraftfoder mindre än 2 mm sätts till 0.

Faktorerna FS\_E och FS\_R beräknas utifrån ensilagens hacksel längd upp till 50 mm. Hacksel längd över 50 mm ger en faktor på 1. (Nordqvist, 2006).

Hårdhetsfaktorn beräknas som andel icke nedbrytbar NDF (iNDF) av totala innehållet NDF i fodret. Icke nedbrytbar NDF bestäms som den NDF som kvarstår efter 288 timmars *in situ* vominkubering (NORFOR, in sacco metod, 2005).

### **Tuggtid som biologiskt mått**

En låg daglig tuggtid (<10 timmar) vid fri tillgång på foder indikerar en hög och riklig energiförsörjning med risk för att djuren lägger på sig fett samt för vomacidosis (Nørgaard, 2003b). De högst uppmätta tuggtiderna på mjölkkor, 18-20 timmar, har mätts på kor i negativ energibalans med ett högt dagligt intag av grovfoderfiber på mellan 4 - 4,5 kg växttråd från grovfoder (Nørgaard, 2003b). Nørgaard et al. (2001) kunde observera en tuggtid på 18 – 19 timmar dagligen hos högdräktiga tackor som utfodrades med hö. Tackorna var i negativ energibalans med en låg nivå blodsocker och förhöjda halter av ketonkroppar i blodet. Utifrån detta kan man använda sig av daglig tuggtid hos djur som utfodras ad libitum som ett biologiskt mått för idisslarens näringsförsörjning och energibalans. Många timmars daglig tuggaktivitet (>16 timmar/dag) hos lakterande mjölkkor eller får indikerar en otillräcklig energiförsörjning och ett stort behov av tillskottsfoder. (Nørgaard, 2003b).

Hur kan mätning av tuggtid ske? Mätning av tuggtid kan ske visuellt med iakttagelse av djurens äthastighet och beteende med exempelvis videoteknik (Nørgaard, 2003b). Mätning av käkrörelser kan också ske med hjälp av en gramma som känner av de karakteristiska rörelserna i samband med foderintag och idissling (Schleisner et al., 1999). Det finns olika

typer av grimmor som mäter käkrörelser. En typ består av en gramma med en vätskefylld slang runt kons mule. Varje tugga genererar ett tryck i vätskan i slangen och den relativa höjden av varje enskild tuggörelse (amplituden) markeras som lodräta sträck i ett diagram. En annan typ av gramma, IGER behaviour recorder (Ultra sound advice, London, U.K), beskriven av Rutter et al (1997) har ett nosband som är kopplad till en dator vilken känner av käkrörelserna. De med datorn registrerade käkrörelserna analyseras sedan med hjälp av ett dataprogram, där varje käkrörelse finns registrerad som en peak. Ett ytterligare mätsätt är att registrera ätperiodernas längd med hjälp av en våg under fodertråget (Dado & Allen, 1993), medan idisslingen kan mätas genom registrering av nätmagens trippelkontraktioner (Nørgaard, 2003b).

För att kunna använda sig av tuggtidsindex-värden rent praktiskt vid planering av utfodringen under stallperioden är det praktiskt att kunna förutsäga tuggtidsindex-värden utifrån de fodermedel som man använder. Det finns en rad olika modeller att använda sig av för att bestämma tuggtidsindexet eller innehållet av fysisk effektiv fiber (pdNDF) utifrån fiberinnehållet, partikelstorleken och torrsubstans-innehållet (Nørgaard, 2003a). Detta bygger på att olika undersökningar har visat att tuggtiden per kilo torrsubstans grovfoder beror av fiberinnehållet, (Nørgaard, 1986; de Boever et al., 1993a,b; Mertens, 1997; de Smet et al., 1994), partikelstorleken, (de Boever et al., 1993a,b) torrsubstansen, nedbrytbarheten in vitro (de Boever et al., 1993a,b), vomfyllnadsgrad (fodrets förmåga att ta plats i vomen) samt förmågan att stå emot malning (formalning) (de Boever et al., 1993a,b). Undersökningar gjorda av (de Boever et al., 1993a,b; de Smet et al., 1994) rapporterar att vallgrödors växttråd-innehåll är en bättre markör för idisslingstid och samlad tuggtid jämfört med innehållet av ADF och NDF. Generellt sett har partikelstorleken och torrsubstans-innehållet i snittat ensilage störst påverkan på ättiden och begränsad inverkan på idisslingstiden (de Boever et al., 1993a,b)

## Utfodringsförsök med olika struktur på fodret

I ett norskt försök med mjölkkor i mitten av laktationen där man jämförde exakthackat ensilage mot ensilage kört med en självlastarvagn ökade intaget av foder med det exakthackade ensilaget vilket även medförde en högre mjölkproduktion. Den teoretiska snittlängden i försöket var 19 mm för det exakthackade och 56 mm för självlastarvagnen, medan medellängden i det skördade grovfodret var 41 mm respektive 107 mm. (Randby, 2005). I ett amerikanskt försök med lusernhösilage i olika hackelselängd till mjölkkor i tidig laktation såg man att intaget av torrsubstans ökade linjärt med minskande hackelselängd, däremot påverkades inte mjölkproduktionen (Kononoff and Heinrichs, 2003). Resultatet av studien indikerar att man kan öka foderintaget genom att minska partikellängden hos mjölkkor i tidig laktation. Detta är även ett resultat som andra studier har visat (Rodrique & Allen 1960; Jaster & Murphy 1983; Woodford & Murphy 1986; Fischer et al., 1994; Beauchemin et al., 1997) men som står i rakt motsats till andra (Grant et al., 1990; Colenbrander et al., 1991). De flesta av studier som inte visar någon skillnad är gjorda på kor mitt i laktationen, troligtvis är deras energibehov redan tillgodosett varav ingen skillnad uppnåddes. Den minskade partikellängden gav även minskad tuggning per enhet torrsubstans och NDF som konsumerades. Detta har även rapporterats av Beauchemin et al., 1994 och Grant et al 1990. . Kononoff & Heinrichs, 2003).



# Eget försök

## **Material och metoder**

### **Syfte**

Syftet med den egna studien var att studera hur strukturen i grovfodret påverkar tuggtid och konsumtionsmönster hos mjölkkor. Speciellt intressant är att se vad det nya nordiska fodervärderingssystemet, NORFOR, förutsäger och utfallet i försöket.

Studien skedde i samband med ett försök rörande närproducerat foder till högproducerande kor. I detta försök studerades konsekvenserna av att använda foder som enbart (eller som skulle kunna vara det) är av svenskt ursprung. I försöket studerades effekten av att kombinera vallfoder med olika fysisk struktur (olika hackselängd) i kombination med kraftfoder med olika fiberkällor. Med anledning av detta kunde specialstudier genomföras för att mäta tuggtid (ny parameter i NORFOR) och foderintag på de olika ensilagen. Försöksansvarig för studien med närproducerat foder var Jan Bertilsson, institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU.

### **Ensilage**

I försöket användes ensilage med olika hackselängd. Det ena var skördat med en exakthackarvagn, Taarup/Sahlström och det andra med en snittvagn, Pöttinger (se bild 1 & 2). För att få så lika ensilage som möjligt kördes varannan sträng på fältet med de olika maskinerna. I försöket var den genomsnittliga hackselängden för exakthackarvagnen och snittvagnen 25 respektive 58 mm, (Bertilsson, 2006, pers.ref.). Variationen i hackselängd var högre för snittvagnen än exakthackarvagnen. Strukturanalys av ensilagen skedde dels via mekanisk strålängdsanalys (Gale & O'Dogherty, 1982) dels med bildbehandlingsteknik (Nørgaard, 2006). Även Penn State separator testades. Ensileringen av fodren skedde i tornsilo.

Källa:www.sahlström.nu



Bild 1. Visar en exakthackarvagn

Källa:www.poettinger.at



Bild 2. Visar en snittvagn

Analys på ensilaget med avseende på näringsinnehåll togs måndag- fredag varje vecka för att sedan slås ihop till analys av 2-veckors perioder. De värden som mättes var torrsubstans, aska, råprotein, VOS, (vomvätskelöslig organisk substans, för uträkning av den omsättbara energin i MJ), pH och amoniaktal. Se tabell 8. Prov för strukturanalys togs ut 1-2 gånger per månad. Resultat från siktning av prov i januari månad visas i tabell 9. Siktningen skedde med hjälp av en maskin som sorterar torkat hackat foder i 8 längdgrupper. För beskrivning av maskinen se Gale & O'Dogherty, (1982). Prov sändes även till Danmark för bildanalys, för beskrivning se (Nørgaard, 2003a). Ett test av den hygieniska kvalitén på ensilagen gjordes också utan några särskilda anmärkningar.

Före försökets början fick korna en blandning av de två olika vallfodren för att därefter utfodras enligt gruppstillhörighet med något av vallfodren. Innan försöket startade fick alla kor kraftfodret Solid 120 för att därefter utfodras med försöksspecifika kraftfoder med inhemska råvaror, eftersom ett annat försök pågick parallellt. Övergången till försöksfodren skedde successivt. För beskrivning av kraftfodren, se tabell 7.

Tabell 7. Kraftfoderblandningar till försöket

	<b>Kraftf. med socker</b>	<b>Kraftf utan socker</b>
<b><u>Ingrediens % av foder</u></b>		
Rapsfrö	7	6,5
Korn	27	30
Vete	5	7,7
Havrekli	0	7
Vetekli	0	5
Agrodrink	8	8
Rapsmjöl Expro	18	18
Ärtor	10	10
Melass	3	5
Betfor	8	0
Betfiber	12	0
MGO	0,3	0,3
Salt	0,6	0,6
Kalk	1	1,3
Vitamin premix	0,1	0,1
<b><u>Innehåll</u></b>		
Per kg ts		
Ts, %	88	88
Rp, g	173	173
Råfett, g	55	55
MJ, kg ts	13,3	13,3
NDF, g	213	272
Stärkelse, g	230	272

## Djurmaterial

I försöket ingick 20 stycken SRB-kor i varierande laktationsstadie från Kungsängens försöksgård. Djuren valdes ut slumpmässigt med enda kriteriet att de skulle vara kvar i stallet för automatisk mjölkning under försökets gång. Alla korna utom en hade haft minst en kalvning innan försöket. Eftersom kor i olika laktationsstadier ingick i försöket borde risken för att få lägre tuggtid p.g.a. ett högre intag av foder minska (De Boever et al, 1993b).

Mjölkkorna delades in i två grupper där den ena fick ensilage som var kört med exakthackarvagnen och den andra gruppen fick ensilage från snittvagnen. Registreringen av tuggtid skedde under ett dygns tid med minst 23 timmars mättid. Foderkonsumtion mättes automatiskt via stallets fodervågar. Korna hade fri tillgång till grovfoder, men de var tvungna att gå igenom mjölkningseenheten om de inte passerat denna inom en viss period. Till ensilaget fick korna en kraftfodergiva som maximalt uppgick till 12 kg och som var individuellt anpassad utefter deras behov. Datainsamlingen skedde mellan den 9 december 2005 till den 7 januari 2006. En registrering av tuggtid gjordes på varje ko. Det var dock tänkt att från början ta dubbla registreringar på varje ko men p.g.a. tekniska problem med mätutrustningen kunde det inte genomföras.

## Mätning av tuggtid

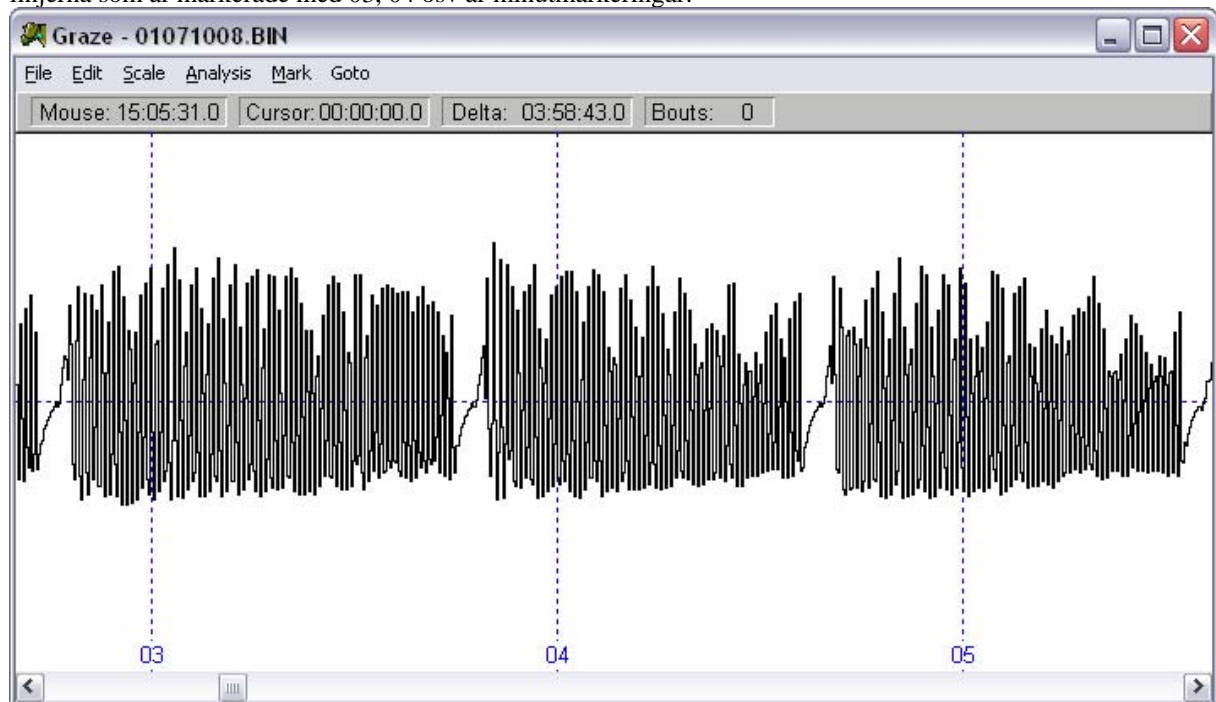
Tuggtid och konsumtionsmönster mättes i det automatiska mjölkningsstallet på SLU:s försöksgård, Kungsängen i Uppsala. Tuggtiden mättes med hjälp av en IGER animal behaviour recorder (Ultra sound advice, London, U.K.), (se bild 3), instruktionshäfte Rutter *et al.* (2003). Mätaren är utformad till en grimma där det sitter ett töjbart band under kons käke, (se bild 1). Bandet är kopplat till en liten dator som känner av och registrerar käkrörelserna. För varje käkrörelse fås en registrering i form av en topp vilken utläses i tillhörande analysprogram.

Käkrörelsernas amplitud registrerades vid 20 Hz. Analys av käkrörelserna skedde därefter i ett program, IGER Graze™ version 1.0. Programmet plottar käkrörelsetopparna (vertikal axel) mot tid (horisontel axel). Se figur 1 och 2. Enskilda käkrörelser urskiljs genom att användaren bestämmer vilka kriterier för amplitud och frekvens som gäller. När käkrörelserna blivit identifierade kan sekvenser av olika sorters käkrörelser bestämmas som antingen idissling eller intag av grovfoder. I programmet finns möjlighet för användaren att redigera de olika sekvenserna, tex rätta till felaktigt analyserade sekvenser av programmet eller att ta bort sekvenser som ligger utanför mätperioden. Till sist fås en resultatfil som summerar informationen från de olika beteende sekvenserna idissling och intag av grovfoder, b.l.a de totaltider som de olika beteendena utförs under.

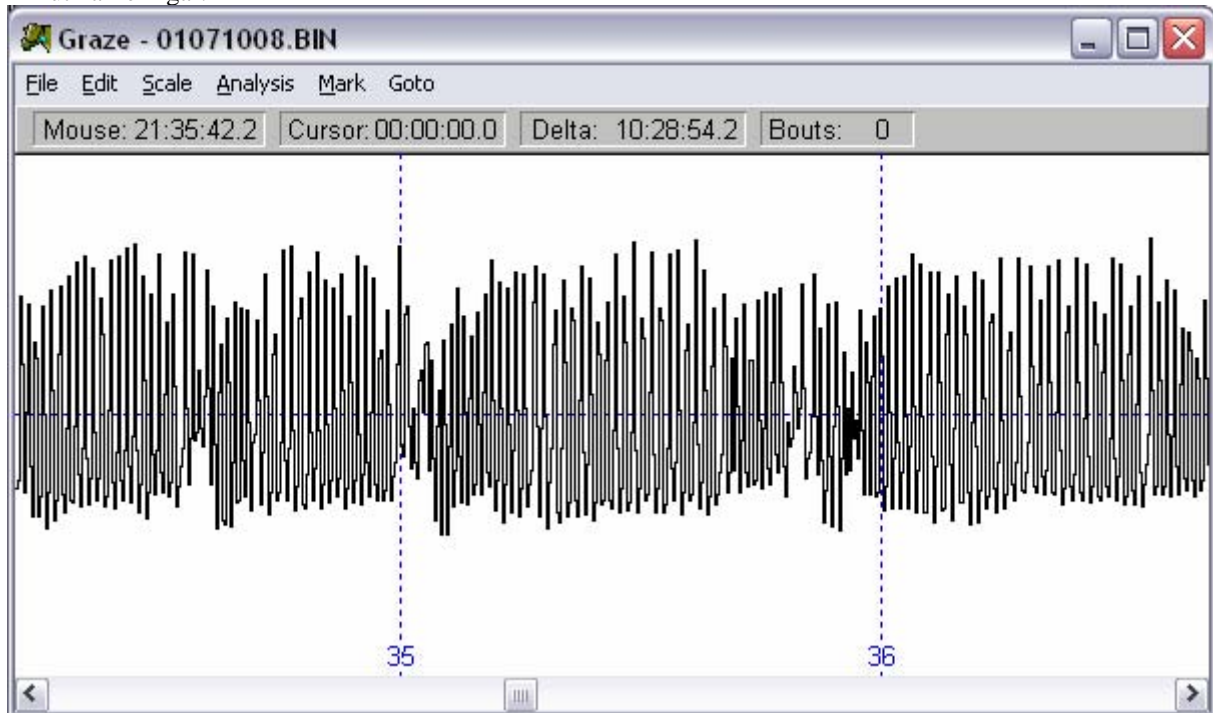
Bild 3. IGER behaviour recorder (Ultra sound advice, London, UK), beskriven av Rutter et al (1997) för registrering av käkrörelser.



Figur 1. Idisslingssekvens i programmet Graze, version 0,8, Ultra sound advice, London, UK. Programmet plottar enskilda käkrörelsers amplitud som registrerats av nosbandet hos IGER behaviour recorder. De sträckade linjerna som är markerade med 03, 04 osv är minutmarkeringar.



Figur 2. Tugg rörelser som visar en sekvens när djuret intar foder registrerat i programmet Graze, version 0,8, Ultra sound advice, London, UK. Programmet plottar enskilda käkrörelserns amplitud som registrerats av nosbandet hos IGER behaviour recorder. De sträckade linjerna som är markerade med 35, 36 osv är minutmarkeringar.



## Försöksuppläggning och statistiska metoder

Djuren var slumpmässigt fördelade på de fyra behandlingarna. (2 ensilage x 2 kraftfoder). Alla statistiska analyser är utförda med den generella linjära modellen (GLM) i SAS (SAS system for Windows, release 8.2; SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA). Den modell som använts är  $Y = \text{ensilage kraftfoder ensilage} * \text{kraftfoder}$ .

## Resultat och Diskussion

### Resultat

Först kommer resultaten av de kemiska och strukturella foderanalyserna redovisas och sist kommer resultaten av tuggtidsmätning och foderkonsumtion mellan de två olika försöksgrupperna.

### Foderanalyser

Tabell 8 är en sammanställning på de foderanalyser som utfördes under försökets gång. De visar att ensilagen var av mycket god kvalitet med avseende på näringsinnehåll och hygien. I tabell 9 återfinns resultatet av den strukturanalys som gjordes på JTI med hjälp av en siktmaskin och som finns refererad av Gale & O'Dogherty (1982). Halvviktsslängden blev 34 mm för snittvagnsensilaget och 26 mm för exakthacks-ensilaget. I tabell 10 finns resultatet

från siktning med Penn State partikeklseparator, fyra mätningar gjordes på varje ensilage. För beskrivning och rekommenderat resultat se Heinrichs and Kononoff (2002) tabell 1.

Tabell 8. Genomsnittligt näringsinnehåll i de två olika ensilagen under försöksperioden

	<b>Torrsubstans %</b>	<b>Aska % av ts</b>	<b>ME/MJ</b>	<b>Råprotein % av ts</b>	<b>pH</b>	<b>Amoniaktal</b>
Ensilage Snittvagn	40,3	9,2	11,6	15,2	4,4	4,7
Ensilage Exakthackarvagn	41,7	9,0	11,7	15,0	4,5	4,9

Tabell 9. Resultat från strukturanalys med hjälp av mekanisk uppdelning av ensilagen enligt Gale & O'Dogherty (1982), n=3.

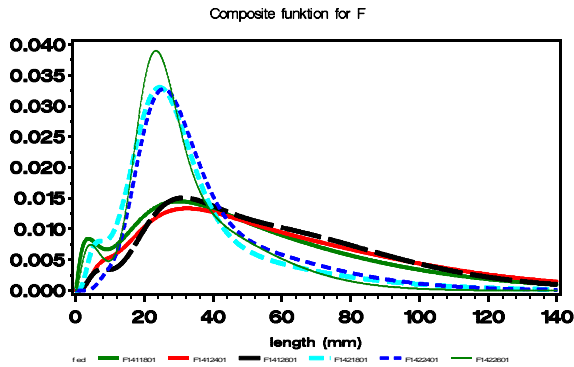
	<b>Snittvagn</b>	<b>Exakthackarvagn</b>
Halvviktslängd, mm	34	25
Övre kvartil, mm	57	39
Undre kvartil, mm	20	16

Tabell 10. Resultat från siktning med Penn State Partikelseparator. Tabellen visar andelen partiklar som var kvar på respektive såll. För beskrivning Penn State Partikelseparator se Heinrichs and Kononoff (2002),

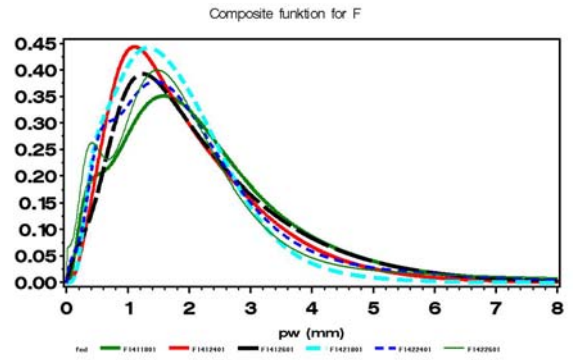
	<b>Pöttinger</b>	<b>Taarup</b>
Översta sållet	91-95 %	84-93 %
Mellersta	2-4 %	3-11 %
Nedersta	3-5 %	4-8 %

## Bildanalys

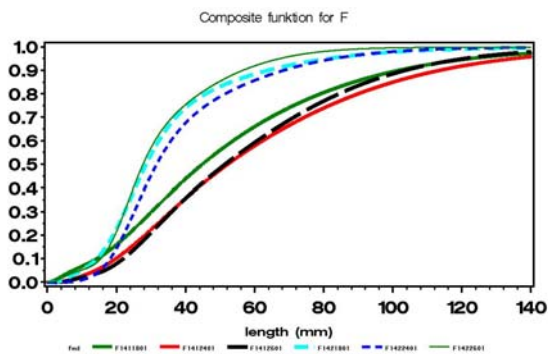
Prov för strukturanalys via bildbehandlingsteknik togs ut och skickades på analys till Peter Nørgaard, KVL, Danmark. Det statistiska resultatet av den visar att partiklarna skiljer sig åt vad det gäller längd och bredd mellan de olika ensilagen. Figur 6a, visar partiklarnas längdfördelning medans figur 6b illustrerar bredden. I figur 7a och 7b finns den ackumulerade längden och bredden för partiklarna. Tabell 11 och 12 visar de framräknade medeltalen för bildanalysen. Förklaring till medeltalen finns under tabell 12. För utförligare redovisning av bildanalysen se bilaga.



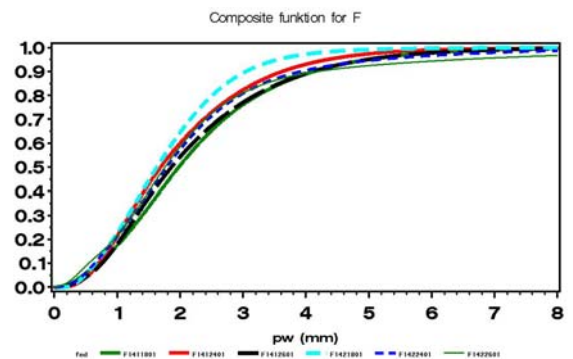
Figur 6<sup>a</sup> visar fördelning av partikellängd i ensilagen från snittvagnen och exakthackarvagnen.



Figur 6b visar fördelningen av partikelbredd i ensilagen från snittvagnen och exakthackarvagnen.



Figur 7a visar den ackumulerade fördelningen av partikellängd i ensilagen från snittvagnen och exakthackarvagnen.



Figur 7b visar den ackumulerade fördelningen av partikelbredd i ensilagen från snittvagnen och exakthackarvagnen.

Förklaring<sup>1</sup> till figurerna: Tre prov togs vardera per ensilagetyp. Grön streckad linje samt röd och svart visar snittvagnens partikelfördelning medan turkos, blå och tunn grön linje är exakthackarvagnens.

Tabell 11. Visar de framräknade medeltalen för bredd i bildanalysen, (Nørgaard, 2003).

Provmärkning	median	a_mean
Pöttinger	2,4	2,3
Pöttinger	1,9	2,0
Pöttinger	1,9	2,2
Taarup	1,9	1,8
Taarup	2,0	2,1
Taarup	2,2	2,3

Förklaring se under tabell 12.



Tabell 12. Visar de framräknade medeltalen för längd i bildanalysen, (Nørgaard, 2003).

<b>Provmärkning</b>	<b>median</b>	<b>a_mean</b>
Pöttinger	50,4	52,6
Pöttinger	60,0	60,6
Pöttinger	56,9	57,8
Taarup	32,4	34,4
Taarup	39,2	37,9
Taarup	32,0	32,0

Förklaring se nedan.

Median: median värde

A\_mean: aritmetiskt medelvärde

### **Tuggtidsmätning**

Försöken genomförda inom ramen för detta examensarbete visar att korna utfodrade med ensilaget med längre hackselängd (skördat med Pöttinger snittvagn) hade en tendens till längre tuggtid per kg torrsbstans ensilage än korna som fick ensilage skördat med en kortare hackselängd (Taarup exakthack). Inga signifikanta skillnader i tuggtid per kg torrsbstans ensilage uppmättes mellan de olika ensilagen (tabell 13). Av den statistiska analysen framgick också att de två olika sorters kraftfoder som utfodrades under tuggtidsmätningen inte har påverkat slutresultatet. Tabell 14 visar foderkonsumtionen för de båda grupperna, tuggtid med och utan kraftfodrets tuggtid inräknat, samt tuggtid per kg torrsbstans totalt för all foderkonsumtion samt endast för ensilaget. En viss tendens till ökad ensilagekonsumtion för Taarup kan utläsas i tabell 13 och 14 ( $p < 0,15$ ) men inga signifikanta skillnader kunde påvisas.

Tabell 13. Foderkonsumtion (kg torrsubstans), tuggtid totalt (minuter) med och utan kraftfoder, samt tuggtid per kg torrsubstans totalt och per kg torrsubstans ensilage. Minstakvadratmedelvärden, standardavvikelser (inom parantes) och p-värden.

	<b>Ens / krf</b>				<b>P&lt;</b>		
	P/msock <sup>1</sup>	P/usock	T/msock	T/usock	Ensilage	Kraftfoder	Ens*krf
Antal observationer	5	3	5	5			
Ens. Kons, kg ts	15,0 (1,1)	15,6 (1,4)	17,6 (1,1)	16,5 (1,1)	0,15	0,80	0,49
Total foderkons, kg ts	23,6 (2,4)	24,7 (3,1)	25,8 (2,4)	29,2 (2,4)	0,21	0,40	0,67
Total tuggtid	813 (44)	807 (56)	825 (44)	747 (44)	0,62	0,40	0,46
Tuggtid u Kraftf.	765 (43)	765 (55)	776 (43)	690 (43)	0,50	0,37	0,36
Per kg ts totalt	36 (3)	34 (4)	33 (3)	26 (3)	0,16	0,20	0,41
Per kg ts ensilage	52 (4)	50 (5)	45 (4)	42 (4)	0,06	0,51	0,95

<sup>1</sup>Ensilage anges som P (Pöttinger) och T (Taarup) och kraftfoder som msock (med sockerbiprodukter) och usock (utan sockerbiprodukter)

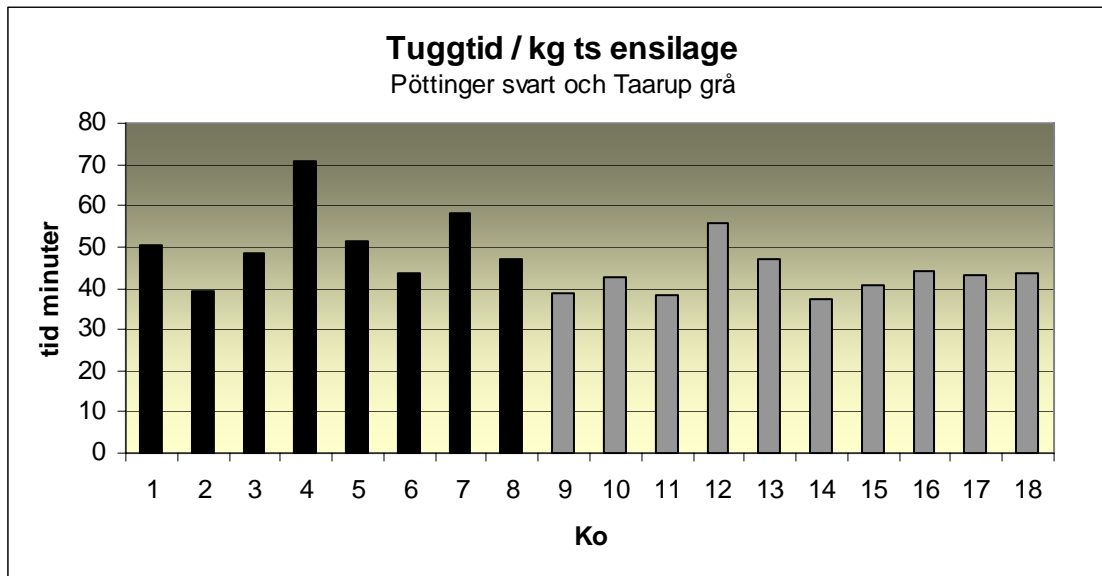
Tabell 14. Foderkonsumtion (kg torrsubstans), tuggtid totalt (minuter) med och utan kraftfoder, samt tuggtid per kg torrsubstans totalt och per kg torrsubstans ensilage. Minstakvadratmedelvärden, standardavvikelser (inom parantes) och p-värden. Materialet uppdelat efter ensilage typ.

	<b>Pöttinger</b>	<b>Taarup</b>	<b>P&lt;</b>
Antal observationer	8	10	
Ensilagekonsumtion, kg ts	15,3 (0,9)	17,1 (0,8)	0,15
Total foderkons, kg ts	24,1 (1,9)	27,5 (1,7)	0,21
Total tuggtid, min	810 (36)	786 (31)	0,62
Tuggtid u Kraftf.	765 (35)	733 (30)	0,49
Per kg ts totalt	35 (3)	30 (2)	0,16
Per kg ts ensilage	51 (3)	43 (3)	0,06

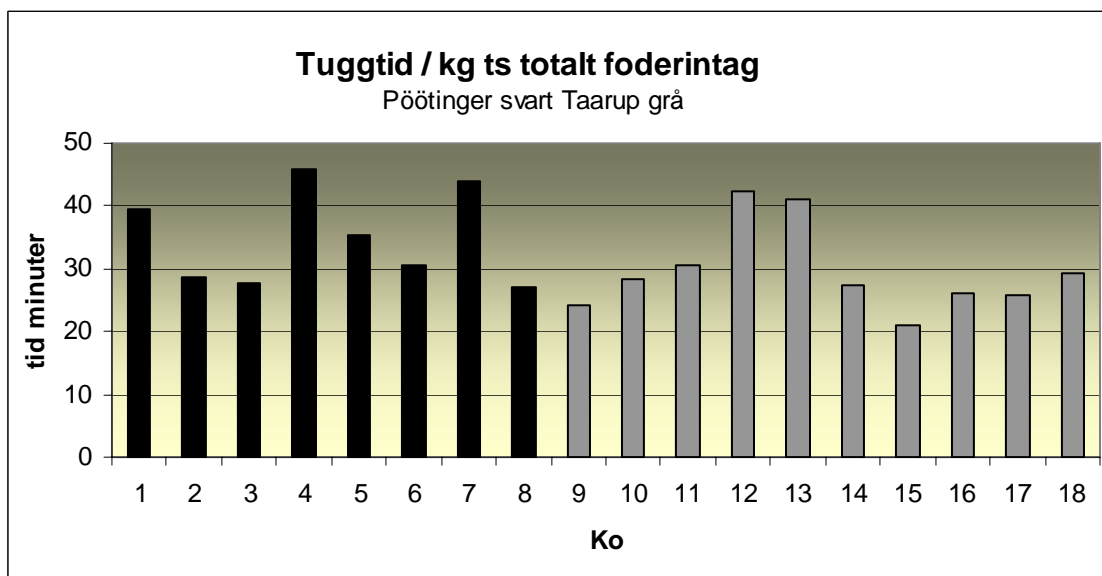
Figur 3 visar en sammanställning över uppmätt tuggtid i de två försöksgrupperna som visar spridningen i grupperna med en viss tendens till längre tuggtid för det snitthackade ensilaget. Figur 4 visar spridningen för tuggtid mätt på det totala foderintaget

Korna i gruppen som fick ensilage med en längre hackselängd hade i medeltal för gruppen en längre ättid samt en kortare idisslingstid än den grupp av kor som fick ensilage av en kortare hackselängd. I gruppen som utfodrades med kort hackselängd hade korna en längre idisslingstid och en kortare ättid än den andra gruppen i medeltal. Se tabell 15. Ingen statistisk analys är utförd för att analysera skillnader i ättid och idisslingstid mellan grupperna. I figur 5 kan man se hur ättid och idisslingstid fördelar sig mellan de olika korna och ensilage typerna.

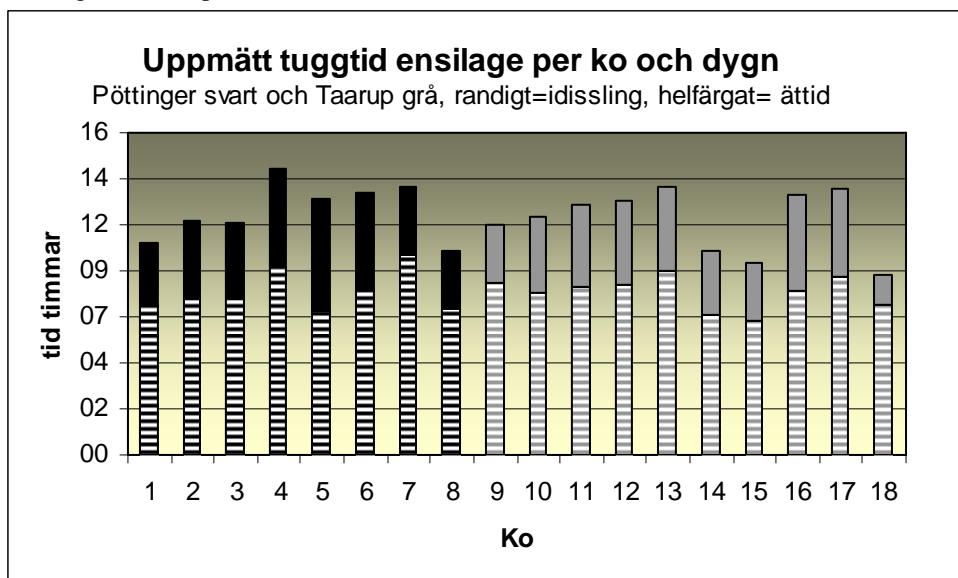
Figur 3. Visar tuggtid per kg torrsbstans ensilage mellan de olika korna i de två grupperna med ensilage med olika hackselängd.



Figur 4. Visar tuggtid per kg totalt foderintag (både ensilage och kraftfoder) mellan korna i de två olika grupperna med ensilage av olika hackselängd.



Figur 5 visar uppmätt tuggtid för konsumerat ensilage per ko och dygn, där man även kan se ättid respektive idisslingstid för respektive ko.



Tabell 15 visar tiden i timmar, minuter och sekunder i medeltal för Pöttinger och Taarup-gruppen för ättid respektive idisslingstid.

Ättid Pöttinger medeltal	Idisslingstid medeltal Pöttinger	Ättid medeltal Taarup	Idisslingstid medeltal Taarup
04:13:52	07:45:50	03:45:55	08:26:56

## Diskussion

Många av de försök som gjorts om tuggtid och fysiskt effektiv fiber är utfört med majsensilage och lusern då det är grödor som används i stor omfattning runt om i världen. Några enstaka studier finns dock med på gränsensilage. I Norden har dansken Peter Nørgaard under långt tid jobbat med frågor angående hur man kan mäta strukturverkan i en foderstat och hans arbete ligger till grund för parametern tuggtid vilken ingår i det nya fodervärderingssystemet NORFOR Plan.

Det finns flera olika aspekter som kan kopplas till fodrets fiberinnehåll och strukturverkan och det borde bli ännu mer intressant att studera detta närmare i olika slags försök allt eftersom kraven på nötkreaturens prestation ökar, och man samtidigt är mån om deras välbefinnande. För att utröna samband mellan fiberinnehåll, fodrets strukturverkan samt hur det påverkar intaget av foder och hur det smälts i vommen kan man göra försök utifrån många infallsvinklar. Därför kan det vara svårt att hitta entydiga försöksresultat när man läser olika försöksrapporter. Det bör även poängteras att det generellt inte gjorts så många studier om struktur och tuggtid, vilket också bidrar till svårigheten att hitta entydiga svar. Mer forskning på detta område vore önskvärt.

I Norge har man undersökt hur olika utvecklingsstadier och hackselängd i timotejdominerat gränsensilage påverkar mjölkkor. Ensilaget som användes i studien var antingen skördat med exakthack eller en snittvagn. Resultatet blev att korna fick ett större foderintag med ensilaget

skördat med exakthack (kortare hackselängd) än det med snittvagn. I detta fall medförde det högre foderintaget en högre mjölkavkastning i genomsnitt med 0,9 kg och en ökning av kroppsvikten. Vid utfodring var medianlängden i fodren 22 mm för det exakthackade och 67 mm för snittvagnen. (Randby, 2005). Ett liknande resultat fick även (Kononoff & Heinrichs, 2003) vid utfodring av lusernhösilage till kor i tidig laktation med olika hackselängd men i övrigt lika. Vid fodring med lusern av kortare partikelstorlek fick de ett högre foderintag hos djuren, dock utan någon påverkan på mjölkavkastningen. Man tittade även på tuggningsaktivitetens påverkan på pH i vommen. Effekten i detta försök var dock liten, vilket indikerar att även andra faktorer än just partikelstorlek påverkar pH när tillräcklig mängd NDF ingår i foderstaten.

I min studie var den näringsmässiga och hygieniska kvalitén mycket god i ensilagen och det enda som skiljde de båda ensilagen åt var att de hade olika hackselängd med störst hackselängd hos det snitthackade ensilaget. Den goda kvalitén på ensilagen bäddade för ett högt foderintag och att fodren var så lika som möjligt gjorde att det gick att studera hackselängdens inverkan på tuggtid och foderintag.

Till ensilaget utfodrades två olika kraftfoder då korna även ingick i ett större försök om närproducerat kraftfoder under vintern. För beskrivning av kraftfodren se tabell 8. I studien var det endast av intresse att se hur de olika ensilagen skiljde sig åt i tuggtid och det antogs att kraftfodrens påverkan endast var marginell. Enligt Balch (1971) och Nørgaard (1986) bidrar kraftfoder endast med en tuggtid på 4 minuter/kg torrs substans och det som verkligen stimulerar tuggaktivitet är intaget av stora fiberrika grovfoderpartiklar, Nørgaard, 2003. I det nya NORFOR-systemet kommer det också att antas att kraftfoder har en konstant tuggtid på 4 minuter per kg torrs substans, (Husdjur, 2005). I försöket fick korna ensilage i fri tillgång, vilket är bra för då får de reglera foderintaget själva. I andra studier har man sett att restriktiv utfodring kan påverka kornas tuggtid. Bae et al., 1983, visade att kor som utfodrades restriktivt åt sitt foder snabbare och idisslade mera på ett kilo hö än delvis mätta och ad libitum utfodrade djur.

Vid närmare studier av hur ättider, respektive idisslingstider, fördelade sig mellan de olika ensilagegrupperna i min studie på Kungsängen, fann jag att gruppen kor som fick ensilage med en kortare hackselängd verkade ha en längre idisslingstid och kortare ättid i medeltal för gruppen än de kor som fick ensilage med längre hackselängd. Det bör dock understrykas att inga statistiska analyser är gjorda på detta. Skillnaden skulle kunna vara att gruppen med den kortare hackselängden konsumerade mer foder som kräver mer tid till bearbetning (idissling), skillnaden i ättid är dock svår att förklara. Tendensen till skillnad i foderkonsumtion kunde anas mellan grupperna, men skillnaden var inte tillräckligt stor för att vara statistiskt signifikant. Det finns flera studier där man fått ett ökat foderintag med foder med en mindre partikelstorlek (Rodrique & Allen 1960; Jaster A Murphy 1983; Woodford & Murphy 1986; Fisher et al., 1994; Beauchemin et al., 1997) men som står i motsatt till resultat där ingen skillnad observerats (Grant et al., 1990; Colenbrander et al., 1991). I de flesta av studierna där man inte fått någon effekt har man använt sig av kor i mitten av laktationen som troligtvis lätt kan tillfredsställa sitt energibehov. Kononoff & Heinrichs, (2003) använde sig i sitt försök av kor i tidig laktation, som troligtvis ökade sin energiförsörjning genom ett ökat intag av foder med en hög smältbarhet. Dessa observationer antyder att en ökad energibalans kan uppnås genom utfodring med foder med en mindre partikellängd. I studien fick man en minskad tuggaktivitet per enhet konsumerad torrs substans och NDF med reducerad partikellängd. Detta är i enlighet med resultat av Beauchemin et al. (1994) och Grant et al. (1990). Tuggningsaktivitet är den primära mekanismen för att reducera partikelstorleken och

är central för både digestionen och passagen igenom matsmältningsapparaten. Det är väl etablerat att ökad partikelstorlek ökar tuggningsaktiviteten. Kononoff and & Heinrichs, 2003).

De Boever et al., (1993 b) fann i ett försök med 19 olika sorters rajgräsenilage skördade i olika utvecklingsstadiet, skilda hackselängder samt med olika konserveringsmetoder att utvecklingsstadiet hos gräset var mer betydelsefullt än hackselängden för tuggtiden. I försöket var tuggtiden mätt som ett index, vilket ökade med utvecklingsstadiet hos gräset och minskade när gräset hackades till 24 mm (inte alltid signifikant). Man jämförde även förtorkat ensilage mot direktskördat och fann att det direktskördade ensilaget hade högre index för ättid och total tuggtid än det förtorkade, beroende på en sämre smaklighet och ett högre vatteninnehåll, medan indexet för idisslingstid endast påverkades marginellt. I studien användes inga kor i tidig laktation för att undvika möjliga minskningar i tuggtidsindexet orsakade av ett högt foderintag. Denna studie är intressant eftersom den belyser att tuggtiden kan påverkas av fler parametrar än just hackselängden.

## Ättid

Vid närmare undersökning av hur ättiderna fördelade sig mellan de båda grupperna i mitt försök visade det sig att gruppen med det exakthackade ensilaget hade en kortare ättid vilket stämmer med studier som påvisat skillnader i ättid vid olika partikellängd. Det är exempelvis ett resultat som påvisats av Kononoff & Heinrichs (2003) i en studie med lusernensilage med avtagande partikellängd hos kor i tidig laktation. I mitt eget försök ingick visserligen kor som kommit olika långt i sin laktation, men ändå finns en liten skillnad i jämförelse med det exakthackade ensilaget. En möjlig förklaring till detta kan vara att fodret inte behöver tuggas så mycket innan det sväljs då det redan är hackat i kortare bitar. Ensilaget med den längre hackselängden behövde tuggas mer innan det svaldes, vilket kan leda till en längre ättid, än hos det kortare ensilaget.

Ättiden kan även påverkas av ensilagets torrsubstanshalt. Enligt de Boever et al., (1993a,b) är äthastigheten (gram torrsubstans/min) av blött foder som ensilage med en torrsubstanshalt under 40 procent generellt 5 -20 procent kortare än hos hö och ensilage med mer än 40 procent torrsubstans., Genom att hacka/snitta grovfodret kan äthastigheten ökas och ättiden minskas, (Nørgaard, P, 2003 a).

## Idisslingstid

Tiden som korna i mitt försök använde för idissling varierade mellan 5 timmar och 10 timmar och 24 minuter. Här fanns en variation mellan olika individer. En viss skillnad kunde ses mellan det exakthackade och snittvagnshackade ensilaget. Idisslingstiden var i genomsnitt 8 timmar och 7 minuter för snittvagnen medan det var 8 timmar och 26 minuter för det exakthackade ensilaget.

En skillnad på 20 minuter i idisslingstid mellan de olika hackselängderna är relativt liten, ändå kan det vara intressant att spekulera i vad en eventuell skillnad i idisslingstid kan bero på. Den längre idisslingstiden fanns för det ensilage som var skördat med exakthackarvagnen. Detta är svårt att förklara. En möjlig förklaring kan vara ett högre foderintag vilket kräver mer tid till idissling, dock fanns inga signifikanta skillnader i foderintag mellan grupperna. Castle et al, (1979) fann en minskning i ättid, idissling och total tuggtid (mätt som index) hos sinkor utfodrade med ensilage med en minskande partikellängd från 72 till 17 och 9 mm. I ytterligare ett experiment där han jämförde 19 och 12 mm hackselängd på gräsenilage fick han ett lägre ättidsindex för ensilaget med 12 mm hackselängd medan idisslingsindexet förblev oförändrat mellan de två behandlingarna (Castle et al, (1981). Däremot fann Kononoff & Heinrichs (2003) att idisslingstiden ökade medan ättiden minskade med minskad

partikelstorlek, samtidigt som den minskande partikelstorleken bidrog till att korna konsumerade mer foder.

## Tuggtid

Anledningen till att olika system för att mäta strukturverkan i fodret har utvecklats är att den kemiska analysen av NDF inte säger någonting om vilken fysisk karaktär fodret har i fråga om partikelstorlek och densitet. Fodrets fysiska karaktär kan påverka djurets hälsa, nedbrytningen och foderutnyttjandet i vomen, men även bildandet av mjölkfett oberoende av andelen och sammansättningen av NDF i fodret. I foderstater som innehåller långstråigt grovfoder, samt när det inte är allt för finhackat fungerar NDF-innehållet utmärkt för att avgöra miniminivån för den minsta mängd fiber som behövs för att vommen ska fungera. Detta blir mycket svårt i foderstater med ett finhackat grovfoder eller när fiberkällor från annat än grovfoder används. (Mertens, 1996).

Med anledning av ovan förda diskussion kan tuggtid vara värdefullt att ta med som en parameter för utvärdering av hur en foderstat fungerar med avseende på intaget av strukturskapande fiber, just med tanke på att NDF-innehållet inte speglar fodrets strukturvärde.

Ett allt för korthackat foder eller brist på strukturverkande foder i foderstaten kan ge upphov till hälsostörningar, i synnerhet i början av laktationen då energibrist råder och det kan var svårt att få i korna tillräcklig mängd foder över huvud taget. Trots allt finns det fördelar med korthackat foder inte minst med tanke på att det kan öka foderintaget och ur ensileringssynpunkt är det bra om ensilaget är korthackat, då det ger en snabbare fermentation, mindre förluster och en enklare hantering. I USA finns rekommendationer angående hackselängd, för att undvika allt för korthackat foder, där anser man att minst 15 procent av fodret ska vara längre än 3,75 cm (1,5 tum) vilket innebär att den nominella/teoretiska hackselängden i allmänhet inte ska understiga 10 mm. I Sverige har man talat om att den nominella hackselängden inte bör understiga 2 cm, dock finns inget som tyder på att det skulle var sämre med 10 mm, men om man däremot kommer ner emot 5 mm finns en stor risk för vomstörningar om nötkreaturen inte samtidigt har tillgång till annat strukturgivande foder, exempelvis hö. ([www.ensilagenytt.se](http://www.ensilagenytt.se)).

I mitt försök fanns en tendens för längre tuggtid hos snittvagnsensilaget jämfört med exakthackens. Utfallet var kanske inte överraskande om man beaktar att det rent teoretiskt bör ta längre tid för en ko att konsumera grovfoder i en större partikelstorlek p.g.a. det behöver tuggas mer innan det sväljs och att det även behöver bearbetas längre tid via idissling för att få en partikelstorlek som kan passera ut ur vomen. Partiklar större än 1,2-4,3 mm (Poppi et al., 1981; Ulvatt et al., 1986; Woodford & Murphy., 1988; McDonald et al., 2002) passerar sällan ut ur vommen. Skillnaderna mellan grupperna var dock inte särskilt stora i tuggtid och berodde kanske på att skillnaden i hackselängden var ganska liten emellan ensilagen.

Om man studerar parametrarna i tuggtiden i försöket så ser de inte särskilt logiska ut vid första anblicken, eftersom den genomsnittliga idisslingstiden är längre för det exakthackade fodret jämfört med det snitthackade vilket det teoretiskt inte borde vara. Ättiden följer mer teorin i och med att den längsta ättiden återfinns hos det snitthackade fodret. Vad beror då detta på? En förklaring kan vara att korna som åt det exakthackade fodret fick i sig en större mängd foder än de som åt det snitthackade fodret och att den större mängden foder kräver mer

tid till idissling. Skillnaden mellan i foderintag var inte särskilt stora och några signifikanta skillnader fanns inte.

Ensilagen som användes i studien var av mycket god kvalitet, med avseende på energi och råproteininnehåll vilket även tyder på en god fiberkvalité. En skillnad i idisslingstid mellan grupperna skulle kunna spegla fiberns sammansättning. En större andel svärnedbrytbar fiber eller helt osmältbar skulle leda till en längre idisslingstid och uppehållstid i vommen. I försöket fanns dock endast en tendens till att det skiljde i tuggtid mellan fodren och frågan är om den tendensen återfanns i fibern sammansättning.

Teller et al. (1989) studerade foderintag, tuggtid och partikelstorlek i träcken hos kvigor som fodrades ad libitum med icke förtorkat gräsensilage och förtorkat snittat gräsensilage. Resultatet var att utfodring med förtorkat och snittat ensilage bidrog till en kortare genomsnittlig ättid, ett större foderintag och en fördubbling av partikelstorleken i träcken. Ett finhackat grovfoder gör att kons foderintag ökar och att foderpassagen blir snabbare igenom matsmätningsskanalen, med följd att partikelstorleken i träcken ökar, (Smith, et al., (1983); Van Soest, 1994). Partikelstorleken i mag/tarmkanalen förändras inte nämnvärt efter passagen ut ur vommen (Poppi et al., 1980; Mertens et al., 1997) och kan därför användas som ett mått på de partiklar som passerar ut ur vommen, (Martz & Beleya., 1986; Ulyat et al., 1986). En stor andel stora partiklar i träcken kan indikera att svämtäcket i vommen inte fungerar som det ska eller att kon äter för lite strukturfoder. Brist på strukturfoder kan i sin tur bero på för liten mängd i den totala foderstaten eller att kon sorterar i fodret och lämnar kvar det mest långstråiga grovfodret.

### ***Tuggtid och NORFOR***

Strukturvärderingen i NORFOR utgår från tuggtid vilken i en foderstat beräknas additivt utifrån varje enskilt fodermedels beräknade tuggtid. Tuggtiden beräknas som summan av ättid och idisslingstid och uttrycks i minuter/kg torrs substans. Ättiden och idisslingstiden beräknas med utgångspunkt av fodrets fiberinnehåll (NDF % av torrs substansen) och partikelstorlek. Under beräkningen av idisslingstiden tar man även hänsyn till fodrets "hårdhetsfaktor" som beror av fodrets innehåll av osmältbar NDF. Hårdhetsfaktorn är ett mått på hur svårt det är att fysiskt bryta ner den strukturella fibern och fångar upp skillnader i andel total osmältbar fiber som finns mellan grödor beroendes på tex mognadsstadium vid skörd eller typ av gröda. ([www.norfor.info](http://www.norfor.info))

Det är svårt att göra direkta jämförelser med NORFOR och de tuggtider som mättes i mitt försök. I jämförelse med NORFOR:s fodertabell med värden för ensilage, blandvall med hacksel längd 20 och 40 mm verkar de tuggtider jag uppmätt att vara rimliga och på samma nivå som NORFOR. Exempel på tuggtid enligt NORFOR ges i tabell 16.



Tabell 16. NORFOR:s tabellvärden för tuggtid och fyllnadsvärde, (www.norfor.info)

	<b>Partikelstorlek mm</b>	<b>Tuggtid</b>	<b>Fyllnadsvärde<sup>1</sup></b>
Blandvall	20	56	0,46
Ensilage 25-50 % baljväxter	40	84	0,52
Blandvall 1:a skörd, normal	20	66	0,50
Blandvall 2:a skörd normal	20	50	0,44

<sup>1</sup>Fyllnadsvärdet för grovfoder beräknas med utgångspunkt från smältbarheten av organiskt material och korrigeras utifrån fodrets NDF-innehåll och ensileringsprocessen. Fyllnadsvärdet avspeglar fodrets förmåga att fysiskt fylla upp vommen.

De ensilage som jag mätte tuggtid på hade en annan genomsnittlig partikellängd än de ensilage som finns i NORFOR's fodertabell. För sammanställning av ensilagen som användes i försöket på Kungsängen se tabell 17. Där kan man se att tuggtiden skiljer något inom samma grovfodergrupp beroende på vilket kraftfoder som utfodrades, skillnaden är ändå marginell och kraftfodren hade ingen påverkan på det slutliga resultatet. Om man räknar ett medelvärde för de två grovfodergrupperna blir tuggtiden 51 minuter/ kg torrs substans för Pöttinger (partikellängd 34 mm) och 43,5 för Taarup (partikellängd 26 mm). I exemplen från NORFOR:s fodertabell kan man även se att fyllnadsvärdena är olika för de tre 20–mm's fodren. Det foder med det högsta värdet återspeglar att det har ett högt fiberinnehåll samt att smältbarheten på den organiska substansen är lägre jämfört med det andra ensilaget, vilket i sin tur påverkar den slutliga tuggtiden.

Tabell 17. Tuggtid per kg torrs substans ensilage för Pöttinger utfodrat med kraftfoder med och utan sockerprodukter samt Taarup med kraftfoder med och utan sockerprodukter.

	<b>P/m socker</b>	<b>P/u socker</b>	<b>T/m socker</b>	<b>T/u socker</b>
Partikellängd mm	34	34	26	26
Tuggtid medel / kg torrs substans	52	50	45	42

Det som jag tror kommer att bli intressant med att tuggtid finns med i NORFOR är att det på ett pedagogiskt sätt återspeglar betydelsen av grovfoder av en bra kvalitet som bas i foderstaten. En intressant frågeställning vore att undersöka vad skillnaderna i tuggtid mellan blandvall 1:a och 2: skörd i NORFOR:s fodertabell beror på, om värdena stämmer.

## Litteraturförteckning

ASAE 1991. Method of determining and expressing particle size of chopped forage materials by screening. ASAE. Standards, 409-411.

American Society of Agricultural Engineers. 1993. *S472: Terminology for forage harvesters and harvesting*. 40<sup>th</sup> ed. Am. Soc. Agric. Eng. St. Joseph, MI.

Balch, C.C. 1971. Proposal to use time spent chewing as an index of the extent to which diets for ruminants possess the physical property of fibrousness characteristic of roughages. *Br. J. Nutr.* 26:383.

Bae, D.H, Welch, J.G. & Gillman, B.E. 1983. Mastication and rumination in relation to body size of cattle. *J. Dairy Sci.* 66, 2137-2141.

Beauchemin, K.A., Farr, B.I. & Rode, L.M. 1991. Enhancement of the effective fiber content of barley based concentrates fed to dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 74, 3128-3139.

Beauchemin, K.A., Farr, B.I, Rode, L.M. & Schaalge, G.B. 1994b. Optimal neutral detergent fiber concentration of barley-based diets for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77, 1013-1029.

Beauchemin, K. A., L. M. Rode, and M. V. Eliason. 1997. Chewing activities and milk production of dairy cows fed alfalfa as hay, silage, or dried cubes of silage. *J. Dairy. Sci.* 80:324-333.

Beauchemin, K. A., Yang, W. Z. 2005. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity and ruminal acidosis for dairy cows feed diets based on corn silage. *J. Dairy Sci.*, 88, 2117-2129.

Björnhag, G. 1989. Fodersmältningsorgan och fodersmältning. Hur växterna utnyttjar sin föda. *Husdjur, ursprung, biologi och avel*, s 175-230. LTs förlag, Stockholm.

Björnhag, G. 2000. Växtätarna. Kompendium i fodersmältningsorganens funktion hos de växtätande husdjuren. Åttonde upplagan. Institutionen för djurfysiologi. Sveriges Lantbruksuniversitet.

Bang Bligaard, H. 2003. Kontrol af fuldfodrets struktur og koernes sortering .en test med Penn State partikelseparatoren. Temadag om aktuelle fodringssporgsmål. 2 September. Herning Kongrescenter. Dansk Landbrugsrådgivning, Herning.

Boever, J.L. de Brabander, D.L., de Smet, A.M., Vanacker, J.M. & Boucque, C.V. 1993a. Evaluation of physical structure. 2. Maize silage. *J. Dairy Sci.* 76, 1624-1634.

Boever, J.L. de Smet, A.M., de Brabander, D.L. & Boucque, C.V. 1993b. Evaluation if physical structure. 1. Grass silage. *J. Dairy Sci.* 76, 140-153.

Castle, M. E., Gill, M. S. & Watson, J. N. 1979. silage and milk production: a comparison between grass silage of different chop lengths and digestibility. *Grass & Forage Sci.* 36, 31-37.

- Castle, M.E., M. S. Gill, And J. N. Watson. 1981. Silage and milk production: a comparison between grass silage of different chop lengths and digestibilities. *Grass Forage Sci.* 36:31
- Chamberland, A. T., Wilkinsson, J. M. 1996. Feeding the dairy cow. s 44
- Colenbrander, V. F., C. H. Noller, and R. J. Grant. 1991. Effect of fiber content and particle size of alfalfa silage on performance and chewing behaviour. *J. Dairy. Sci.* 74:2681-2690.
- Dulphy, J. P., Remond, B. & Theriez, M. 1980. Ingestive behaviour and related activities in ruminants. In: Jounet, M., Grenat, E., Farce, M-H., Theriez, M. & Demarquilly, C. (eds.). *Proc. of the V. Intern. Symp. Ruminant physiology*, Clermonfrerand, France. INRA, Paris, 103-122.
- Fischer, J. M., J. G. Buchanan-Smith, C. Campbell, D. G. Grieve, and O. B. Allen. 1994. Effects of forage particle size and long hay for cows fed total mixed rations based on alfalfa and corn. *J. Dairy. Sci.* 77:217-229.
- Freer, M., Campling, C. 1965. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 7. The behaviour and reticular motility of cows given diets of hay, dried grass, concentrates and ground, pelleted hay. *Brit. J. Nutr.* 19, 195-207.
- Gale, G. E., O'Dogherty, M. J. 1981. An apparatus for the assesment of the lenght distribution of chopped forage. *J. agric. Engng. Res.* (1982) 27, 35-43.
- Grant, R. J., V. F. Colenbrander, and D. R. Mertens. 1990. Milk fat depression in dairy cows: role of silage particle size. *J. Dairy. Sci.* 73:1834-1842.
- Gustafsson, A. H., 2000. Grundläggande utfodringslära. *Mjölkkor*, s 102-126. Natur och Kultur/LTs förlag, Stockholm.
- Heinrichs, J. & Kononoff, P. 2002. Evaluating particle size of forages and TMRs using the new Penn State Forage Particle Separator. Department of Dairy and Animal Science. The Pennsylvania State University  
<http://www.das.psu.edu/dcn/catforg/particle/pdf/DAS0242.pdf> Accessed 20040726.
- Jaster, E. H., and M. R. Murphy. 1983. Effects of varying particle size of forage and digestion and chewing behaviour of dairy heifers. *J. Dairy. Sci.* 66:802-810.
- Jensen, P. 1993. Nötkreaturen- slätternas stora idisslare. *Djurens beteende och orsakerna till det*, s 220-230. LTs förlag
- Kononoff., P. J., A. J. Heinrichs. 2003. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *J. Dairy. Sci.*, 86, 1445-1457.
- Lammers, B. P., D. R. Buckmaster, and A. J. Heinrichs. 1996. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *J. Dairy Sci.* 70:922-928.
- Martz, F.A. & Belyea, R.L. 1986. Role of particle size and forage quality in digestion and passage by cattle and sheep. *J. Dairy. Sci.* 69, 1996-2008.

- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A. 2002. Sixth edition.
- Mertens, D. R. 1994. *Regulation of forage intake*. In: Fahey, G. C. Jr., Collins, M, Mertens, D. R. & Moser, L. E. (ed.) Forage Quality, Evaluation, and Utilization. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Mertens, D. R. 1996. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy. Sci.*, 80, 1463-1481.
- Miller, W. J., and G. D. O'Dell. 1969. Nutritional problems of using maximum forage or maximum concentrates in dairy rations. *J. Dairy . Sci.* 52:1144
- Murphy, M.R. & Bohrer, R.E. 1984. Tenable assumption about comminution leading to lognormal or Rosin-Rammler (Weibull) particle size distribution. In: Kennedy, P.M. (ed). Techniques in particle size analysis of feed and digesta in ruminants. Canadian society of animal science, occasional publication, Edmonton, Alberta, Canada, 93-101.
- Nordqvist, M., 2006. Träckvärdering som metod för att bedöma våmfunktion och foderutnyttjande hos mjölkkor, examensarbete vid institutionen för husdjurens miljö och hälsa avdelningen för produktionssystem, SLU, Skara.
- NorFor, Nordic Feed Evaluation System. 2005. NorFor in sacco standard. Stencil 3 sidor, March 3.
- Nørgaard, P. 2003a. Optagelse af foder og drøvtygning. Chap. 6 in: Hvelpelund, T. & Nørgaard, P. 2003. Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 Næringsstoomsætning og fodervurdering. DJF Rapport, Husdyrbrug nr. 53.
- Nørgaard, P. 2003b. Tyggetid som mål for foderets fysiske struktur. Chap. 17 in: Hvelpelund, T. & Nørgaard, P. 2003. Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 Næringsstoomsætning og fodervurdering. DJF Rapport, Husdyrbrug nr. 53.
- Nørgaard, P. 2003. Tyggetid som mål for foderets fysiske struktur. DJF rapport. Husdyrbrug nr. 53. december. 2003
- Nørgaard, P. 2003a. Optagelse af foder og drøvtygning. Chap. 6 in: Hvelpelund, T. & Nørgaard, P. 2003. Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 Næringsstoomsætning og fodervurdering. DJF Rapport, Husdyrbrug nr. 53.
- Nørgaard, P. & Mølbak, L. 2001. Relation between dietary chewing index value and net energy intake in cattle fed concentrates restrictively and forage ad libitum. Energy metabolism in animals. Proceedings of the 15th symposium in energy metabolism in animals. Red ag A. Chwaliborg, and K. Jakobsen, EAAP publication, no 103, Wageningen Pers., 67-70.
- Nørgaard, P., Nielsen, M.O., Christensen, A., Kiærskou, H., Ranvig, H., Thamsborg, S.M. & Ingvarsen, K.L. 2001. Metabolic challenges in late pregnancy in multiparous ewes fed silage or hay. In: Agger, J.F. & Toft, N. (eds.). Proc. The 11th ICPD conference on production diseases in farm animals, 105 pp.

- Nørgaard, P. 1981. Foderstrukturens indflydelse på lakterende køers tyggeaktivitet og vommotorik. Ph.d.-afhandling, Institut for husdyrbrug og husdyrsundhed, KVL, 161 pp.
- Nørgaard, P. 1983. Fodermidlernes karakteristika. Kap. 3.6. Fysisk struktur. In: Østergaard, V. & Neimann-Sørensen, A. (eds). Optimale foderrationer til malkekoen. Foderværdi, foderoptagelse, omsætning og produktion. 551. Beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg. Fredriksberg Bogtrykkeri, 3.37-3.44.
- Nørgaard, P. 1986. Physical structure of feeds for dairy cows. Page 85 *in* New Developments and Future Perspectives in Research on Rumen Function. A. Neiman-Sorensen, ed. Comm. Eur. Commun., Luxembourg, Luxembourg.
- Nørgaard, P. 1989a. The influence of physical form of ration on chewing activity and rumen motility in lactating cows. *Acta Agr. Scand.* 39, 187-202.
- Nørgaard, P. 1989b. The influence of physical form of the diet on fluid dynamics and mineral content of rumen fluid in lactating cows fed 12 times daily. *Acta Agr. Scand.* 39, 431-440.
- Persson, I. 2001. Bete och betsdjur. Jordbruksverket 2001.
- Persson, S. J. 1968. A method for determination of the physical form of feeds. *Acta Agr. Scand.* 18, 132-134.
- Poppi, D.P., Norton, B.W., Minson, D.J. & Hendricksen, R.E. 1980. The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. *J. Agric. Sci. Camb.* 94:275-280.
- Poppi, D.P., Minson, D.J. & Ternouth, J.H. 1981. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. The retention time in the rumen of large feed particles. *Aust. J. Agric. Res.* 32:109-121.
- Poppi, D. P., R. E. Hendrickson, and D. J. Minson, 1985. The relative resistance to escape of leaf and stem particles from the rumen of cattle. *J. Agric. Sci.* 105:9-14.
- Provenza, F.D. 1995. Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference an intake in ruminants. *J. Range-Management (USA)* 48, 2- 17.
- Randby, A. T. 2005. The effect of grass silage chop length on dairy cow performance. Silage production and utilisation. Proceedings of the XIVth international silage conference a satellite workshop of the XXth international grassland congress, July, 2005, Belfast, North Ireland
- Redbo, I. 1995. Utfodringsstrategin påverkar stereotypier hos nöt. *Fakta Husdjur*, nr 16, 1995, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Rodrigue, C. B., and N. N. Allen. 1960. The effect of fine grinding of hay on ration digestibility, rate of passage, and milk fat content of milk. *Can. J. Anim. Sci.* 40:23-29.
- Rutter, S.M., Champion, R.A., and Penning, P.D., 1997. An automatic system to record foraging behaviour in free-ranging ruminants. *Applied Animal Behaviour Science*, 54: 185-195.

- Schleisner, C., Nørgaard, P. & Hansen, H.H. 1999. Discriminant analysis of patterns of jaw moment during rumination and eating in a cow. *Acta Agr. Scand, Sect. A, Animal. Sci.* 49, 251-259.
- Smet de, A., de Boever, J.L. & de Brander, D.L. 1994. The evaluation of physical structure of fresh and preserved grass by measuring chewing activity and related parameters. Proc. 19th Fodder crop section meeting, Breeding for quality, Brügge, Belgium, 5-8 October 1994, 43-51.
- Sudweeks, E.M., S. E. Law, E. O. Ely, M. E. McCullough, and L. R. Sisk. 1979. Development and application of roughage value index for formulating dairy rations. *Georgia Agric. Exp. Stn. Res. Bull.* 238, Univ. Georgia, Athens.
- Sudweeks, E. M., L. O. Ely, D. R. Mertens, and L. R. Sisk. 1981. Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets: roughages value index system. *J. Anim. Sci.* 53:1406.
- Teller, E., Vanbelle, M., Kamatali, P. & Wavreville, J. 1989. Intake of direct cut or wilted grass silage as related to chewing behaviour, ruminal characteristics and site and extent of digestion by heifers. *J. Anim. Sci.* 67, 2802-2809.
- Theilgaard, P., Aaes, O. & Thøgesen, R. 1999. Partikelseparatoren mindre egnet til vurdering af strukturvaerdi i ensilage i Danmark. LK-meddelelse nr. 377, Landskontoret for Kvaeg. <http://www.lr.dk/kvaeg/informationsserier/lk-meddelelser/377.htm>. Accessed 20040726.
- Vaage, A.S., Shelford, J.A. & Moseley, G. 1984. Theoretical basis for the measurement of particle length when sieving elongated feed particles. In: Kennedy, P.M. (ed.). *Techniques in particle size analysis of feed and digesta in ruminants*, Can. Soc. Anim. Sci., Occasional pub., Edmonton, Alberta, Canada, 76-82.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Second edition. Cornell University Press. USA.
- Waldo, D.R., Smith, L.W., Cox, E.L., Weinland, B.T. & Lucas, H.L. 1971. Logarithmic normal distribution for description of sieved forage materials. *J. Dairy Sci.* 54, 1465-1469.
- Woodford, S.T., and M. R. Murphy. 1988. Effect of physical form of forage on chewing activity, dry matter intake, and rumen function of dairy cows in early lactation. *J. Dairy. Sci.* 71:674-686.
- Woodford, S.T. & Murphy, M.R. 1988. Dietary alternation of particle breakdown and passage from the rumen in lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 71:687-696.
- Ulyatt, M.J., Dellow, D.W., John, A., Reid, C.S.W. & Waghorn, G.C. 1986. Contribution of chewing during eating and rumination to the clearance of digesta from the ruminoreticulum. p. 498-514. In: L. P. Milligan, Grovum, W. L. & Dobson, A. (Ed.) *Control of digestion and metabolism in ruminants*. Prentice Hall, Engelwood Cliffs, NJ.

### ***Personliga meddelanden***

Bertilsson, J. 2006. Personligt meddelande. SLU, Uppsala.

### ***Internet***

[http://www.ensilagenytt.se/ensilage\\_som\\_foder.htm](http://www.ensilagenytt.se/ensilage_som_foder.htm) 060905.

[http://www.norfor.info/Files/pdf-dokumenter/artikler/Broschyr\\_NorFor\\_Plan.pdf](http://www.norfor.info/Files/pdf-dokumenter/artikler/Broschyr_NorFor_Plan.pdf)  
060911

<http://www.feedstuffs.norfor.info/Default.aspx> 061028

# Bilaga

## Measurement of particle size dimensions in grass silage

P.Nørgaard

IBHV, KVL, Grønnegaardsvej 3, DK-1870 Frederiksberg, [PEN@kvl.dk](mailto:PEN@kvl.dk)

### Methods used

Grass silage samples of ½ kg were continuously divided into 4 homogenous quartiles until an amount of 40-50 g before dry sieving. Two sub samples from each sieving fraction (Sieve\_fraction) were scanned (see Table 1) followed by an identification of the individual particles by use of image analysis (Nørgaard et al. 2004; Nørgaard, 2006a). The distribution of particle length and width (PW) dimensions characteristics for the individual samples are given in the excel spreadsheets '*Overall\_length*' and '*Overall\_pw*', respectively. The width values are estimated as mean particle width (PW). The size dimensions of particles in the individual sieving fractions are given in '*sievefra\_length*' and '*sievefra\_PW*'. The definitions of the variables given in the enclosed spreadsheets are shown in Table 2. The distribution of particle length and width (PW) in the individual samples are shown in Figure 1.

Table 1. Sieving of 40-50 grass silage

Sieving fraction	Pore size (mm)	Used in experiment : <i>JanB_SLU</i>	Scanning, dpi
B	Bottom bowl	x	2400
M	1.0	x	2400
O	2.36	x	1200
T	4.72	x	600

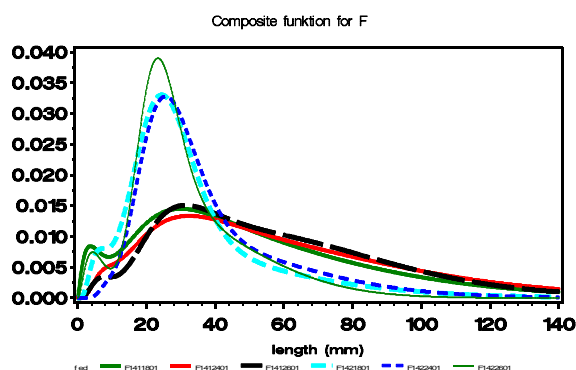


Figure 1a. Density distribution of particle length in the different grass silages

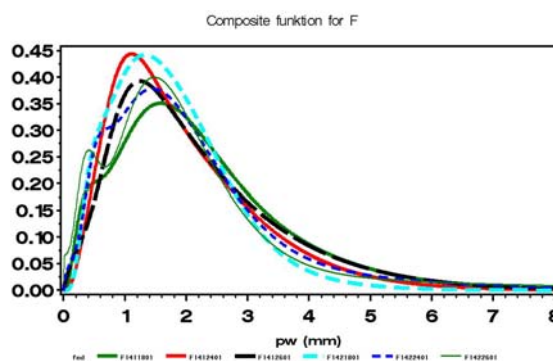


Figure 2a. Density distribution of particle width (PW) values in the grass silages



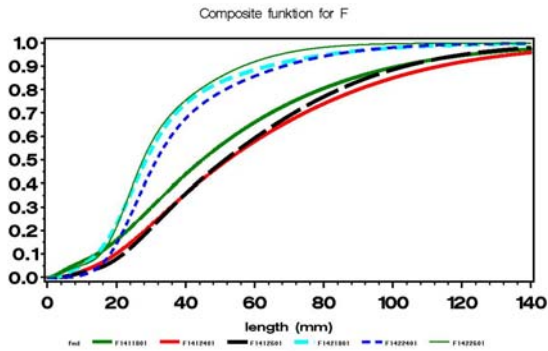


Figure 1b. Accumulated distribution of particle length value in the different grass silages

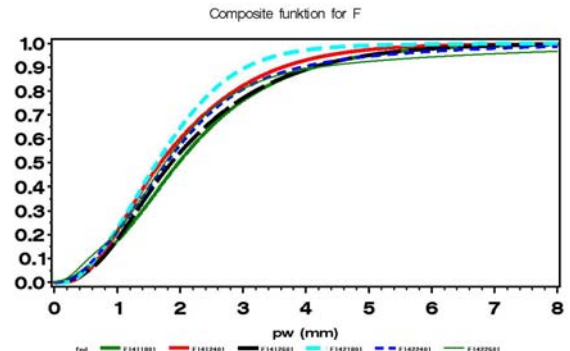


Figure 2b. Accumulated distribution of particle width (PW) values in the grass silages

Table 2. Definition of terms and size dimension variables

Term	Description
<b>A_mean</b>	Arithmetic mean
<b>Experimen</b>	Laboratory experimental name/term
<b>Fract_95</b>	Predicted 95 percentile
<b>Geo_mean</b>	Geometric mean
<b>Length</b>	Length of shortest rectangle which can surround the individual particles.
<b>Masse<sub>i</sub></b>	Mass (g) of particles retained in i'd sieve fraction
<b>Massep</b>	Proportion of particle mass retained in the individual sieving fractions
<b>Mode</b>	Most frequent value
<b>Median</b>	Median value
<b>Mode</b>	Most frequent value
<b>Name_sample</b>	Laboratory name of sample
<b>Number</b>	Number of identified particles in <b>Sub_sample<sub>i</sub></b> from the i <sup>th</sup> sieving fraction
<b>Pfrac_95</b>	Predicted 95% percentile value from the overall accumulated composite function for the overall sample
<b>Pmedian</b>	Predicted median value from the overall accumulated composite function for the overall sample
<b>Prokpl</b>	Predicted portion of particles in the total sample smaller/shorter than the critical particle size in the overall sample. Predicted from the overall accumulated composite function for the overall sample
<b>PW</b>	Mean width of particles:
<b>Sieving_fraction</b>	Sieving fraction: example: B <sup>a</sup> , D, S, M, O, T
<b>Sub_sample<sub>i</sub></b>	Sub sample of particles taken from the i'd sieving fraction.
<b>Tmasse</b>	Total amount sieved (g) := $\sum \text{Masse}_i$
<b>width</b>	Width of the 'smallest' rectangle which can surround the individual particles.

a) see Table 1.

**References: Particle size dimension in grass silage, boli, rumen contents and faeces.**

Bendixen, B. & Nørgaard, P., 2002. Particle size distribution in silage, boli, rumen content and faeces from cows fed grass silage with different theoretical chopping length (TLC). *EAAP Abstract No. N5.2.*

Nørgaard, P., 2003. Tyggetid som mål for foderets fysiske struktur. In: Torben Hvelplund & Peder Nørgaard (Ed.), kap. 17, Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering. DJF rapport, Husdyrbrug nr. 53. pp. 489-509.

Nørgaard, P. 2006a. Use of image analysis for measuring particle size in feed, digesta and faeces. Workshop 3. Methods in studying particle size and digesta flow. In: Ruminant Physiology, Red. K. Sejrsen, T. Hvelplund & M. O. Nielsen, Proceeding from X Intern. Symp. on Ruminant Physiology, Copenhagen, August 30<sup>th</sup> to September 4<sup>th</sup>, 2004, pp 579-585.

Nørgaard, P. 2006b. The particle size distribution in manure – importance at practical farm condition. Yearly meeting in Danish Zoological Society, Brædstrup, Denmark, 20<sup>th</sup> April 2006. 4 pp. In Danish.

Nørgaard, P. 2006c. Partikellængde og strukturværdi i majsensilage. In: ”Kvalitet af majsensilage” og ”Aktuel forskning”. Temamøde på Danmarks JordbrugsForskning d. 27. april 2006. Red. J. Sehested. Intern DJF rap. 46, pp. 19-27.

Nørgaard, P., Husted, S. & Ranvig, H., 2004. Effect of supplementation with whole wheat or whole oat grains on the dimensions of faeces particles from lambs. *Journal of Animal and Feed Sciences* 13, suppl. 1, 175-178.

Nørgaard, P., Weisbjerg, M. R., Jørgensen, K.F. & D. Bossen, 2005. Characteristic size dimensions of washed faeces particles from dairy cows fed different concentrate/forage rations. Poster abstract, 56th Annual Meeting of EAAP. 1 pp.

Nørgaard, P. & Bendixen, B., 2002. Particle size distribution in silage, boli, rumen content and faeces from cows fed grass silage with different theoretical chopping length. 53<sup>rd</sup> Annual Meeting of EAAP. Handout 6pp.

Nørgaard, P. & Sehic, A., 2003. Particle size distribution in silage, boluses, rumen content and faeces from cows fed grass silage with different theoretical chopping length. The Sixth International Symposium on the Nutrition of Herbivores held from 19-24 October 2003 in city of Mérida, State of Yucatán, South México. *Trop. and Subtrop. Agro ecosystems*. 3, 457-460.

Nr	Titel och författare	År
223	Fodersammansättningens betydelse för tillväxt hos häst Effects of diet composition on growth in foals Petra Forsmark	2006
224	Variation i växande halvblodshingstars viktökning och närings- utnyttjande Rose-Mari Åkerström	2006
225	Magnesiumstatus hos mjölkkor – en fältstudie Magnesium status in dairy cows – a field study Elin Briland	2006
226	Effekter av högt kaliumintag på magnesiumbalansen hos mjölkkor Effects of high potassium intake on the magnesium balance in dairy cows Cecilia Kronqvist	2006
227	Bagged silage – Comparison between two bagging machines and two harvesting systems with respect to silage quality and density Slangensilering – Jämförelse mellan två slangpressar och två två bärgningsmetoder med avseende på ensilagekvalitet och densitet Per Godin	2006
228	"Är korta spenar ett problem i samband med mjölkning?" "Are short teats a problem when milking?" Anna Israelsson	2006
229	Betydelsen av tillgång till dricksvatten och duschar på mjölk- produktion, beteende och värmestress hos Murrah bufflar The effect of drinking water allowance and use of water sprinklers on milk production and behaviour in Murrah buffaloes Maria Svanfelt	2006
230	Konsekvenser av NORFOR-systemet vid beräkning av foderstater för mjölkkor Consequences from using the NORFOR feed evaluation system when calculating feed rations for dairy cows Charlotte Silfving	2006
231	Mjölkningsfrekvensens påverkan på mjölkproteinets sammansättning och kvalitet The effect of milking frequency on milk protein composition and quality Annica Edvardsson	2006
232	Mjölkningsfrekvensens inverkan på mjölkfettets kvalitet Effect of milking frequency on milk fat quality Anna-Karin Båvius	2006

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 10 eller 20 poäng i agronomexamen) samt större enskilda arbeten (10-20 poäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet. En förteckning över senast utgivna arbeten i denna serie återfinns sist i häftet. Dessa samt tidigare arbeten kan i mån av tillgång erhållas från institutionen.

---

**DISTRIBUTION:**  
**Sveriges Lantbruksuniversitet**  
**Institutionen för husdjurens utfodring och vård**  
**Box 7024**  
**750 07 UPPSALA**  
**Tel. 018-67 28 17**

---