



# **Grovfoder till lågdräktiga dikor med speciellt fokus på fiber och protein**

Roughage for suckler cows with a special focus on fibre and protein

**Linn Frenberg**

**Skara 2017**

**Husdjursagronomprogrammet**

---

**Studentarbete**  
**Sveriges lantbruksuniversitet**  
**Institutionen för husdjurens miljö och hälsa**

**Nr. 687**

***Student report***  
***Swedish University of Agricultural Sciences***  
***Department of Animal Environment and Health***

***No. 687***



## **Grovfoder till lågdräktiga dikor med speciellt fokus på fiber och protein**

Roughage for suckler-cows with a special focus on fibre and protein

**Linn Frenberg**

Studentarbete 687, Skara 2017

**Avancerad AE2, 30 hp, Husdjursagronomprogrammet, Självständigt arbete i husdjursvetenskap - masterarbete, EX0522**

**Handledare:** Mikaela Jardstedt, Inst. för husdjurens miljö och hälsa.

**Biträdande handledare:** Elisabet Nadeau, Inst. för husdjurens miljö och hälsa.

**Biträdande handledare:** Anna Hessle, Inst. för husdjurens miljö och hälsa.

**Examinator:** Birgitta Johansson, Inst. för husdjurens miljö och hälsa.

**Nyckelord:** Rörflen, NDF, iNDF, torrsiktning, partikelstorlek i träck.

**Serie:** Studentarbete/Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, nr. 687, ISSN 1652-280X

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för husdjurens miljö och hälsa

Box 234, 532 23 SKARA



## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	1
Abstract .....	2
Inledning.....	3
Syfte och frågeställningar.....	4
Syfte.....	4
Frågeställningar .....	4
Avgränsningar .....	4
Litteraturstudie .....	5
Dikor - produktion och djurets egenskaper .....	5
Grovfoder .....	5
Vad är fiber? .....	5
NDF och iNDF .....	5
Nedbrytning av fiber och protein i våmmen.....	6
Fiber.....	6
Protein.....	6
Faktorer som påverkar grovfodrets smältbarhet.....	7
Grovfoderkvalitet.....	7
Foderintag, kroppsstorlek och hackelselängd .....	7
Faktorer som påverkar foderintaget.....	8
Metabolisk reglering .....	8
Foderbundna faktorer.....	8
Djurbundna faktorer.....	9
Sköselfaktorer.....	9
Utfodringsstrategi .....	9
Fodermedel .....	10
Helsäd .....	10
Rörflen .....	10
Blandvall.....	11
Idissling .....	11
Partikelstorlek i träck .....	12
Bestämning av partikelstorlek i träck .....	13
Material och metod.....	14
Forskningsstation.....	14
Djurmaterial.....	14
Fodermedel och utfodring .....	14
Försöksdesign .....	16
Datainsamling och provtagning .....	16
Foder och foderrester .....	16
Träck.....	17
Idisslingstid.....	17
Torrstiktning .....	17
Tvättning.....	17
Frystorkning.....	18
Säkerställa resultat från frystorkning.....	18
Torrstiktning .....	19
Säkerställa resultat från torrstiktning.....	19
Analyser .....	19

Bestämning av TS i träck.....	19
Kemiska analyser.....	19
Databearbetning och statistiska analyser .....	20
Resultat.....	21
Foderintag.....	21
Idisslingstid.....	23
Partikelstorlek i träck.....	24
Diskussion .....	25
Foderintag.....	25
Idisslingstid.....	26
Partikelstorlek i träck.....	28
Slutsatser .....	29
Referenser.....	31

## Förord

Det här är ett examensarbete omfattande 30 hp som har genomförts för Institutionen för husdjurens miljö och hälsa. Studien ingår i projektet ”Resurseffektiv utfodring av dikor” vid Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU. Projektet ”Resurseffektiv utfodring av dikor”, finansieras av Europeiska regionala utvecklingsfonden genom Interreg IV A-programmet, SLU, Agroväst, Västra Götalandsregionen, Skaraborgs kommunalförbund och stiftelsen Nilsson-Aschans stipendiefond.

Jag vill börja med att rikta ett stort tack till min huvudhandledare Mikaela Jardstedt för ditt stora engagemang, stöttning och vägledning genom hela examensarbetet. Ett stort tack till biträdande handledare Elisabet Nadeau och Anna Hessle för att ni har delat med er av er kunskap och skapat bra diskussioner. Ett tack till Peder Nørgaard för handledning under arbetet på laboratoriet vid Köpenhamns Universitet. Tack till Natasja Grønlund Nielsen för all hjälp med de praktiska förberedelserna på laboratoriet. Sist men inte minst vill jag rikta ett stort tack till min mamma som har varit barnvakt så att jag har fått tid till att slutföra mitt examensarbete.

Linn Frendberg

Yllestad, Falköping, januari 2017.

## Sammanfattning

Till följd av ökande efterfrågan på betande nötkreatur och nötkött från nötkreatur uppfödda i Sverige har dikalvsproduktionen i Sverige ökat. För att möta behovet behöver produktionen öka ytterligare, vilket kräver en bättre ekonomisk lönsamhet för lantbrukare som håller dikor. Foder är den huvudsakliga kostnaden inom dikalvsproduktionen. Under dikornas lågdräktighet (tiden från det att kalven har avvants fram till två månader innan kalvning) är det möjligt att hålla foderkostnaderna nere med en optimerad foderstat. Studier har påvisat att lågdräktiga dikor ofta överutfodras med energi och protein. Det är inte bara ekonomiskt kostsamt för lantbrukaren utan det kan även leda till hälsoproblem hos korna och är ett problem för miljön. Ett sätt att undvika överutfodring till lågdräktiga dikor kan vara att reducera kornas foderintag. Dikor har behov av långa ättider för att må bra och grovfoder i fri tillgång är generellt oftast tillämpat i dikobesättningar. I djurhållningssystem med utfodring i fri tillgång kan foderintaget hos dikor minskas genom att korna utfodras med ett grovfoder med låg smältbarhet, det vill säga ett foder som innehåller en hög koncentration av fiber av låg kvalitet.

Syftet med studien är att utreda huruvida olika typer av grovfoder med låg smältbarhet och olika proteininnehåll påverkar foderintag, idisslingstider samt storlek och fördelning av osmälta foderpartiklar i träck hos lågdräktiga dikor.

I studien användes data insamlad från ett tidigare utfodringsförsök med lågdräktiga dikor av två olika raser, charolais och hereford som tilldelats tre olika ensilerade grovfoder, rörflen, helsäd av havre (nedan benämnt; helsäd) samt ett timotejdominerat blandvallsensilage (nedan benämnt; timotej). I studien analyserades data på idisslingstider, foderintag samt partiklar i träck. Med metoden torrsiktning analyserades storlek och fördelning av partiklar i träck från kor som hade konsumerat de olika fodermedlen.

Studien påvisade att rörflen som innehöll en högre koncentration av fiber reducerade foderintaget hos kor som konsumerade rörflen jämfört med kor som fick timotej eller helsäd. En överutfodring av protein sågs när korna åt timotej eller rörflen medan kor som åt helsäd åt mindre protein än deras näringsbehov. Kor av rasen charolais hade ett högre foderintag än kor av rasen hereford, anledningen till resultatet antogs bero på en högre kroppsvikt och därmed ett högre näringsbehov hos kor av rasen charolais. Längsta dagliga idisslingstider uppmättes hos kor som utfodrades med timotej, vilket antogs bero på ett högt dagligt foderintag. Idisslingstiden uttryckt som minuter per kg torrsubstans (TS) var längst för kor som åt rörflen medan inga skillnader mellan timotej och helsäd påvisades vid jämförelse. Att idisslingstiden per kg TS var längre hos kor som konsumerade rörflen antogs bero på ett högt NDF-intag samt en högre koncentration av både NDF och iNDF per kg TS i fodret. Ett högt intag av neutral detergent fibre (NDF) för kor som konsumerade rörflen och högre koncentration av både NDF och lignin per kg TS i rörflen jämfört med övriga fodermedel antogs ha påverkat idisslingstiden per kg TS.

Kor som hade konsumerat timotej hade kortare idisslingstider uttryckt som minuter per kg NDF, vilket kan ha påverkats av fodrets låga koncentration av indigestible Neutral Detergent Fibre (iNDF). Närvaro av spannmålskärnor i träck hos kor som hade konsumerat helsäd förklaras vara anledningen till en högre genomsnittlig partikelstorlek och större andel partiklar >1 mm för kor som hade ätit helsäd än för övriga fodermedel. En stor andel partiklar i träck från kor som ätit helsäd återfanns på såll med maskstorlek >0,5 mm och <2,36 mm och antas bero på att kor som åt helsäd hade en kortare idisslingstid.

I studien påvisades fler stora partiklar i träck hos kor som hade konsumerat timotej än för kor som ätit rörflen. Resultatet tros bero på ett betydligt högre foderintag hos kor som utfodrades

med timotej och därmed en högre passagehastighet för foderpartiklar genom matsmältningssystemet. Kor som utfodrades med rörflen påvisades bryta ned NDF i grovfodret till mindre partiklar än när de utfodrades med helsäd eller timotej. Det kan ha berott på fodrets höga ligninhalt, att korna som åt rörflen hade längre idisslingstider eller att kemiska bindningar mellan kolhydrater och lignin i cellväggarna hos rörflen är mer lösliga än för övriga fodermedel.

I studien påvisades rörflen vara ett fodermedel med stor andel fiber av låg kvalitet. Vid utfodring av rörflen var det dagliga foderintaget lågt hos kor som hade konsumerat fodret, medan proteinintaget var högre än näringsrekommendationen. Kor som hade konsumerat rörflen hade många små partiklar i träck. Timotej påvisades vara ett fodermedel med ett lågt innehåll av fiber av låg kvalitet. Kor som hade konsumerat timotej hade ett högre foderintag och påvisades överutfodras med protein jämfört med övriga fodermedel. I träck från kor som hade konsumerat timotej återfanns många stora partiklar. Helsäd innehöll en hög koncentration av fiber av låg kvalitet. De kor som åt helsäd hade ett lägre proteinintag än gällande näringsrekommendation. I träck från kor som hade ätit helsäd återfanns en stor andel stora partiklar och låg andel små partiklar i träck.

## **Abstract**

Rearing calves from suckler cows has to increase in Sweden due to increased demand of grazing cattle and beef from Swedish cattle. It has been an increase in number of suckler cows but for further development the production needs to be more profitable. Feed is the main cost in the production. Suckler cows have low nutritional needs during early gestation and therefore it is profitable to optimize feed ration during that period. Studies have shown that suckler cows in early gestation often are overfed by energy and protein. Overfeeding leads to health problems and has a negative impact of profit and environment. It is possible to limit the feed intake by feeding low digestible roughages, meaning roughages with high concentration of fibre of low quality.

The aim of this study was to investigate how intake, chewing time and particle size distribution in faeces are affected when cows in early gestation are fed with different types of roughages with low digestibility and with different proportions of protein.

Data was collected from an earlier study with suckler cows in early gestation. The study included two different breeds, Charolais and Hereford, that were fed three different roughages (timothy, reed-canary grass, whole crop oats). Data from chewing time, chemical composition of forages and faeces were analyzed. The size and distribution of particles in faeces from cows consuming different feeds were analyzed by using dry sieving technics.

The results of this study show that high concentration of fiber in forages led to reduced feed intake when cows were fed reed-canary grass. Cows fed timothy-grass or reed-canary grass over consumed protein and cows fed whole crop oats did not get enough protein to meet their nutritional needs. This study shows that Charolais had a higher feed intake than Hereford cows due to larger body size. Cows fed timothy-grass shew the longest daily chewing time which probably depended on a high feed intake. Additional, cows consumed reed-canary grass had longest chewing time termed as minutes per kg dry matter intake (min/kg DMI) whereas no differences between timothy-grass and whole crop oats could be found. This was probably due to high intake of NDF and high concentration of NDF and iNDF in the reed-canarygrass. The study shows a longer daily chewing time for cows fed reed-canary grass than for cows fed whole crop oats, probably due to higher concentration of lignin in reed-canary grass. Further, cows that consumed timothy-grass had shorter chewing times termed as minutes per kg NDF,



probably depending on low concentration of iNDF in the forage. Analyses showed that cows fed whole crop oats had more large particles in faeces than other forages, probably due to shorter daily chewing times. Presence of seeds in whole crop oats can explain a larger mean size of particles in faeces and a higher proportion of particles larger than 1 millimeter. Further, a high concentration of iNDF in whole crop may be the reason of a high proportion of large particles retained of a sieving larger than 0.5 mm and smaller than 2.36 mm. Additional, cows fed timothy-grass had more large particles in faeces than cows fed reed-canary grass probably due to a higher feed intake for cows fed timothy-grass. Moreover cows fed reed-canary grass digest NDF into smaller particles in faeces than cows fed the other roughages, probably due to different linkages between lignin and carbohydrate in the cell walls of reed-canary grass that are easier to break down.

## Inledning

En minskning av antalet mjölkkor i Sverige och kalvar från mjölkproduktionen har medfört en ökning av dikobesättningar och dikalvsproduktion, som har en viktig roll att upprätthålla antalet nötkreatur i Sverige för nötköttsproduktion och naturbetesvård (Olsson, 2008; SCB, 2015; Kumm, 2003). Syftet med dikalvsproduktion är att producera en kalv per ko och år (Kumm *et al.*, 2005). Eftersom betesdrift tillämpas inom dikalvsproduktion är det en passande produktion på naturbetesmarker. Produktionen innefattar kor som hålls tillsammans med sin kalv under diperioden, vanligen på bete under hela betessäsongen (Jamieson, 2010). Antalet dikor i Sverige har under de senaste trettio åren mer än fördubblats. År 2010 fanns 197 050 dikor i Sverige, sedan dess har emellertid antalet dikor minskat och år 2015 fanns det 184 500 dikor i Sverige (SCB, 2017).

Betande djur är av stor betydelse vid skötseln av naturbetesmarker. Naturbetesmarker är marker där några produktionshöjande insatser inte har gjorts under modern tid. Markerna har ett högt kulturhistoriskt värde och en hög biologisk mångfald. Betande djur skapar öppna odlingslandskap och är en förutsättning för att bevara naturbetesmarkerna, samtidigt som djuren kan nyttja betet som foder (Olsson, 2008). Det är nötkreatur från både mjölkproduktion och nötköttsproduktion som betar på naturbetesmarker.

För att öka dikalvsproduktionen i Sverige krävs en tillfredsställande ekonomisk hållbarhet (Arnesson & Salevid, 2011). Den största kostnaden inom nötköttsproduktionen är grovfoder under vintern (Kumm, 2009; Arnesson & Salevid, 2011). Foderkostnaden beror på stallperiodens längd och kan hållas nere med en optimerad foderstat (Manninen *et al.*, 2000). En optimerad foderstat är en foderstat som inte tillåter överutfodring av energi och protein, utan motsvarar näringsbehovet enligt utfodringsnorm. Lågdräktiga dikor har ett lågt näringsbehov (Spörndly, 2003). Nötkreatur är goda grovfoderomvandlare och en foderstat till nötkreatur bestående av en övervägande andel grovfoder är fördelaktig för djurens välmående och påverkar produktionsresultatet positivt (Jamieson, 2010). Förutom foderkostnader påverkas lönsamheten även av kostnader för arbete och byggnader samt EU:s jordbruksstöd och nationella ersättningar (Salevid & Kumm, 2012).

Under stallperioden utfodras dikor vanligen med grovfoder i fri tillgång, vilket är tidsekonomiskt men begränsar foderregleringen på individnivå (Dahlberg & Jarander, 2008). Fältstudier har påvisat att överutfodring av lågdräktiga dikor sker under stallsäsongen när dikor tilldelas grovfoder i fri tillgång (Dahlberg & Jarander, 2008; Arnesson & Salevid, 2011). Överutfodring av energi och råprotein (rp) innebär att korna löper större risk för att bli överviktiga, vilket kan leda till försämrad fertilitet och komplikationer vid kalvning. Överskott av rp i foderstaten till

dikor leder till en ökad mängd kväve i stallgödseln som har en negativ påverkan på miljön (Butler, 1998).

Foderintaget hos kor som utfodras i fri tillgång kan begränsas med ett foder av låg kvalitet, det vill säga hög koncentration av fiber. Det är koncentrationen och kvaliteten på fibern i grovfodret som bestämmer fodermedlets smältbarhet. Smältbarhet beskriver hur stor del av fodret som kan utnyttjas och kan definieras som den andel foderpartiklar som inte följer med ut i träck utan istället tas upp av djuret (Mertens, 2002). Fiberns kvalitet och således grovfodrets smältbarhet kan utvärderas genom att studera storlek och fördelning av partiklar i träck (Jalali, 2011). Även tiden som kon idisslar har betydande påverkan på kons foderintag samt grovfodrets smältbarhet (McDonald *et al.*, 2002).

I studien utfodrades ett antal fodermedel med låg smältbarhet i fri tillgång till lågdräktiga dikor av tung respektive lätt kött-ras. Data som samlades in under projektet ”Resurseffektiv utfodring till dikor” som genomfördes under hösten år 2012 användes som underlag i denna studie. Studien är ett led i att finna grovfoder som är lämpliga att utfodra i fri tillgång till lågdräktiga dikor. Ett grovfoder med hög koncentration fiber och låg smältbarhet förväntas begränsa foderintaget hos dikorna, ge längre idisslingstider och en större andel stora partiklar i träck.

## Syfte och frågeställningar

### Syfte

Syftet med studien var att utreda hur olika typer av grovfoder med låg smältbarhet och olika proteininnehåll påverkar foderintag, idisslingstid samt partikelstorleksfördelning i träck hos två raser av lågdräktiga dikor.

### Frågeställningar

- Hur påverkar olika typer av grovfoder lågdräktiga dikors konsumtion av fiber samt protein?
- Hur påverkas idisslingstiden av grovfodrets fiberkoncentration och fiberkvalitet hos lågdräktiga dikor?
- Hur påverkas partikelstorleken och fördelningen av partikelstorleken i träck av grovfodrets fiberkoncentration och fiberkvalitet?

### Avgränsningar

Parametrar som skall studeras:

#### Foderintag

- Dagligt intag av TS, NDF, iNDF, rp samt intag av TS, NDF och iNDF uttryckt i % av kroppsvikt.

#### Idisslingstid

- Minuter (min)/dag, min/kg TS-intag, min/kg NDF-intag.

Partikelstorlek i träck

- Genomsnittlig partikelstorlek och partikelstorleksfördelning i träck.

## Litteraturstudie

### Dikor - produktion och djurets egenskaper

Dikor föder en kalv per år och kalven tillåts dia under 6-7 månader, vartefter avvänjning sker. Därefter föds kalven upp till önskad slaktvikt medan kon sinläggs fram till nästa kalvning. Traditionellt sker kalvning under perioden januari - april. Det innebär att dikor går på bete under större delen av laktationsperioden. Dikor är av köttraser och raserna kan delas in i tunga respektive lätta raser. Till de tunga raserna hör blonde d'Aquitaine, charolais, limousin och simmental medan angus, hereford och highland cattle tillhör kategorin lätta raser. I Sverige är det vanligt att raserna charolais och hereford används (Stenberg, 2006). Tungä köttraser har ett större underhållsbehov, men en lägre fettansättning vid en viss vikt än lätta köttraser (Webster, 1989). Därför är lätta köttraser förhållandevis mer lämpade för extensiv uppfödning medan tunga kött-raser är mer lämpade för förhållandevis mer intensiv uppfödning.

### Grovfoder

Grovfoder är foder som ingår i nötkreaturs foderstat och kan vara bete, hö eller ensilage.

I Sverige ska enligt lag alla nötkreatur hållas på bete, det finns några undantag, till exempel konventionella tjurar. Det finns olika typer av beten såsom åkermarksbeten och naturbetesmarker. Det som främst skiljer betesmarkerna åt är energiinnehållet i betet. Därför är det väsentligt att val av nötkreatur som skall beta där beror på djurets näringsbehov och den förväntade produktionen (Törnqvist, 2008). Hö är grovfoder som har torkats ute på fält till en hög torrsustanshalt för att motverka mikrobiell tillväxt som kan förstöra grovfodret under lagring. Till skillnad från hö konserveras ensilage i vått tillstånd och lagringsstabilitet skapas då mikroorganismer producerar organiska syror vid förbrukning av socker från grödan. Detta skapar en delvis anaerob fermentationsprocess och en miljö med tillräckligt lågt pH för att begränsa tillväxt av oönskade mikroorganismer under lagring av grovfodret (Barnes et al., 2007).

#### *Vad är fiber?*

Fiber är kolhydrater i grödans cellväggar. Till gruppen fiber hör cellulosa, hemicellulosa och pektin. Cellulosa och hemicellulosa är strukturella kolhydrater som har en strukturgivande funktion i växtens cellväggar och bryts långsamt ned av våmmens mikroorganismer (mikrober) (McDonald *et al.*, 2002).

#### *NDF och iNDF*

Kolhydraterna cellulosa och hemicellulosa samt vedämnet lignin i fodret kan bestämmas med analysmetoderna NDF, acid detergent fibre (ADF) och acid detergent lignin (ADL) (Van Soest et al., 1991). För analys av fodrets innehåll av NDF kokas foderprov i en neutral lösning av sodium lauryl sulfat och dinatrium. Det som blir kvar av provet efter kokning är växtens cellväggar som benämns NDF. Cellväggarna innehåller också en del protein och pektin (främst i baljväxter). Om natriumsulfit tillsätts vid NDF-analysen bryts protein ned, metoden används inom det nordiska fodervärderingssystemet NorFor (NorFor, 2016). Pektin löses under neutral

detergent-behandlingen och därför är inte cellvägg och NDF helt ekvivalenta parametrar (Nadeau, 2001; NorFor, 2016). Från NDF-fraktionen kan ADF analyseras, vilket är den fraktion av fiber som beskriver cellväggens innehåll av cellulosa och lignin. Vidare kan ADF-fraktionen analyseras för ADL, som representerar cellväggens innehåll av lignin (McDonald et al., 2002). Att utvärdera koncentration och smältbarhet av NDF från fodrets cellväggar är relevant eftersom dessa parametrar beskriver grovfodrets kvalitet och påverkar djurets foderintag och prestation (Mertens, 2007).

Den osmältbara fraktionen av NDF benämns iNDF och är den fraktion av NDF som återfinns i en nylonpåse efter att den har inkuberats i våmmen under 288 timmar (Åkerlind et al., 2011). Fraktionen innehåller cellulosa och hemicellulosa som är bundet till lignin. Cellulosa och hemicellulosa är bundet till lignin med bindingar som är resista mot nedbrytning av mikrober i våmmen (Harrison et al., 2003; Huhtanen et al., 2006). Fraktionen är en viktig faktor som påverkar smältbarheten av foderstatens totala organiska substans (Nousiainen et al., 2004) och en indikator på kvaliteten av kolhydraterna i grovfodrets cellväggar som kan förutsäga fodrets smältbarhet (Nousiainen et al., 2003).

## Nedbrytning av fiber och protein i våmmen

Idisslande djur har ett unikt matsmältningssystem med essentiella anaeroba mikroorganismer i våmmen som fermenterar fiber och protein till produkter som djuret kan nyttja. Ungefär 60 % av grovfodrets totala TS bryts ned i våmmen hos idisslare och de huvudsakliga näringsämnen som fermenteras där är protein och kolhydrater (McDonald et al., 2002).

### *Fiber*

Nedbrytning av fiber sker när djuret tuggar sönder foderpartiklar vid idissling och under fermentering av foderpartiklar i våmmen. Fiber består främst av polysackarider som är bundna med betabindningar till lignin. Mikrober i våmmen syntetiserar enzym som bryter dessa bindingar (McDonald et al., 2002; Mertens, 2007) och möjliggör att fibern kan fermenteras till de flyktiga fettsyrorna ättiksyra, propionsyra och smörsyra. Syrorna har förmågan att diffundera genom våmväggen ut i blodet och kan användas av djuret som energikälla. Under fermentationsprocessen frigörs också energi som är avgörande för en fungerande mikrobproteinsyntes. Fermentationsprocessen för fiber är långsam och kräver att digestionsmaterialet uppehåller sig lång tid i matsmältningssystemet (lång retentionstid) för att fullständigt brytas ned (McDonald et al., 2002).

I en väl fungerande våm fördelas långa strån och stora foderpartiklar till våmmens övre del och bildar ett så kallat svämtäcke. Digestionsmaterial stöts upp från svämtäcket till kons mun för idissling. Svämtäcket flyter ovan våmvätskan, en tunnflytande vätska som består av små foderpartiklar och mikrober. Från våmmen kan endast våmvätska passera ut till nätmagen via bladmaget och vidare till löpmagen, vilket försäkrar att grova foderpartiklar uppehåller sig tillräckligt lång tid i våmmen för att brytas ned (Nørgaard, 1983).

### *Protein*

Mellan 60-90 % av grovfodrets rp bryts ned i våmmen. Fermentation av protein är en unik process eftersom den involverar både nedbrytning och syntes (Mertens, 2007).

Den huvudsakliga kvävekällan för idisslare är foderproteiner, men kor får även kväve till våmmen via återflöde av urea via våmväggen och via saliven. Foderprotein delas in i två olika grupper; äkta protein respektive icke-proteinkväve. Icke-proteinkväve utgörs av ammoniak, urea, nukleinsyror, peptider, amider, aminer och aminosyror. Äkta foderprotein bryts ner av mikroberna i våmmen till aminosyror och peptider som sedan deamineras till ammoniak eller

används för att syntetisera mikrobprotein. Några aminosyror bryts ner till koldioxid, ammoniak och organiska syror medan vissa passerar våmmen utan att brytas ned.

Råder det brist på ammoniak till följd av en foderstat med låg proteinkoncentration eller svårtillgängligt protein reduceras koncentrationen av ammoniak i våmmen. Det innebär att mikroberna får otillräckligt med ammoniak för att upprätthålla mikrosyntesen, vilket i sin tur medför en reducerad nedbrytning av kolhydraterna i fodret (McDonald *et al.*, 2002). Studier har påvisat att foderintaget reduceras om råproteininnehållet är lägre än 60 till 80 g/kg TS (Mertens, 1994).

## Faktorer som påverkar grovfodrets smältbarhet

### *Grovfoderkvalitet*

Av det totala näringsinnehållet i ett grovfoder har kvantitet och kvalitet på fibern störst inverkan på fodrets smältbarhet (McDonald *et al.*, 2002). Grovfodrets kvalitet kan vara avgörande för att bedriva en effektiv och lönsam djurhållning (Ball *et al.*, 2001).

Grovfoderkvalitet kan definieras som den prestation som djuret uppvisar när grovfoder tilldelas i fri tillgång. Djurets prestation är en respons på näringskoncentration, foderintag, smältbarhet och djurets metaboliska effektivitet att absorbera näringsämnen. Näringskoncentrationen är den faktor som har störst inverkan på kvalitet (Mertens, 2007), varav koncentrationen av lignin påverkar kvaliteten mest (McDonald *et al.*, 2002). En hög koncentration av lignin i fodret reducerar fodrets smältbarhet och begränsar foderintaget till följd av att digestionsmaterial upptar plats i våmmen (våmfyllnad) (Moore *et al.*, 1993).

Lignin begränsar nedbrytningen av strukturella kolhydrater i grovfodret och sänker fodrets smältbarhet. Lignin är uppbyggt av fenoliska föreningar som binder till de strukturella kolhydraterna och är svåra att bryta ned för våmmens mikrober. I grödans cellväggar finns även pektin, vilket är en strukturell kolhydrat som kategoriseras i en egen grupp till följd av att den kan extraheras från växtens cellväggar. Även proteiner, mineraler och fetter återfinns i cellväggarna hos timotej och baljväxter (Hatfield *et al.*, 2007).

Grödans utvecklingsstadium vid skörd påverkar grovfodrets kvalitet. Ett sent skördat grovfoder har ett lägre näringsvärde än ett tidigare skördat grovfoder. Detta är en följd av att fiberkoncentrationen i grödan ökar medan proteinkoncentrationen minskar vid mognad. Vilket beror på att grödans vävnader åldras och att grödans morfologi utvecklas. Under mognad sjunker smältbarheten för både stjälk och blad hos grödan och likaså proteinkoncentrationen medan inlagring av lignin i cellväggen ökar (Nadeau, 2001).

Även grödval och miljön där grödan odlas påverkar grovfodrets kvalitet. Genetiska skillnader mellan och inom grödor skapar variation i total fiberkoncentration och proportion av lignin i grödan. Generellt finns den största skillnaden i grovfoderkvalitet mellan timotej och baljväxter samt kalla och varma säsonggräs (Fales *et al.*, 1994).

### *Foderintag, kroppsstorlek och hackelselängd*

Djurets foderintag har också betydelse för grovfodrets smältbarhet. Fermentering av foderpartiklar sker endast när digestionsmaterialet uppehålls i våmmen. Det medför en konkurrens mellan nedbrytning av digestionsmaterial i våmmen och med vilken hastighet digestionsmaterialet passerar matsmältningskanalen (passagehastighet). Nedbrytning av fiber är sämre hos idisslare som har ett högt foderintag. Det beror på att ett ökat foderintag leder till kortare retentionstid och därmed ofullständigt nedbrutna foderpartiklar passerar matsmältningskanalen (Mertens, 2007).

Djurets kroppsstorlek har påvisats påverka grovfodrets smältbarhet. Stora idisslare kan effektivare bryta ned fiber än små idisslare. Detta beror på en större våm hos stora idisslare, där en större våm möjliggör längre retentionstid för fibern och därmed högre smältbarhet (Mertens, 2007).

Smältbarheten på NDF i grovfoder påverkas av djurets kroppsstorlek. I en studie av Aikman et al. (2008) jämfördes kvigor av raserna holstein och jersey, varav djur av rasen jersey hade lägre kroppsvikter än holstein. Studien påvisade att smältbarheten för NDF i grovfodret samt passagehastigheten var något högre hos djur av rasen jersey. Hos nötkreatur är tarmkanalen proportionerlig med kroppsvikten. Genom ökad passagehastighet och snabbare fodernedbrytning av digestionsmaterial i matsmältningskanalen eller genom att selektera foder av högre energidensitet kompenserar mindre idisslare för en lägre mag- och tarmkapacitet. Detta förklarar varför jerseykvigor i studien hade bättre förmåga att bryta ned NDF trots en högre passagehastighet än för holstein. Studien visade att det inte fanns någon skillnad i smältbarhet på TS, organiskt material, stärkelse eller kväve mellan jersey och holstein (Aikman et al. 2008).

Även grovfodrets hackselängd är av betydelse för fodrets smältbarhet. En reducerad foderpartikelstorlek genom exempelvis hackning, malning eller pelletering bidrar till en ökad passagehastighet och därmed en reducerad smältbarhet (McDonald et al., 2002).

## Faktorer som påverkar foderintaget

### *Metabolisk reglering*

Metabolisk reglering av djurets foderkonsumtion sker genom att koncentrationer av näringsämnen, metaboliter och hormoner stimulerar nervsystemet att reglera foderintaget. Kontroll av hunger sker via hypothalamus där signaler tas emot från tarmen, levern, blodet samt från kroppens energidepåer. Likaså styrs mättnad via metaboliter i blodet och levern men även via receptorer i mag- och tarmkanalen som signalerar att djuret ska sluta äta (Forbes, 1980).

### *Foderbundna faktorer*

Djurets foderkonsumtion begränsas av andelen näringsämnen i fodret och främst är det fiber som påverkar foderintaget. Hög andel fiber i fodret medför lägre foderintag till följd av en längre retentionstid och större våmfyllnad (McDonald et al., 2002). För nötkreatur som tilldelas grovfoder *ad libitum* förväntas växande nötkreatur ha ett maximalt intag av NDF på cirka 1,1 % av kroppsvikten men sannolikt högre i grovfoderrika foderstater. Dikor förväntas ha ett intag av NDF på ungefär 1,3 % av kroppsvikten. Att dikor har ett högre NDF-intag än växande nötkreatur beror på att de konsumerar mer foder (Mertens, 1997).

Grovfodrets fysiska form påverkar djurets foderkonsumtion och en kort hackselängd på grovfodret ökar foderintaget (Nørgaard, 2003b; Rustas et al., 2014). En foderstat med hög andel kraftfoder eller allt för kort hackat grovfoder kan medföra att våmmens pH-värde kraftigt sjunker och leda till ett lägre foderintag (McDonald et al., 2002).

Grovfodrets smaklighet är ytterligare en faktor som påverkar djurens foderintag. Fodrets egenskaper påverkar smak, lukt och den visuella känslan som associeras till fodrets smaklighet (Mertens, 2007). Den hygieniska kvaliteten på grovfodret kan användas som en parameter för att beskriva djurets foderintag (Dulphy & Van Os, 1996). En förhöjd koncentration av propionsyra, ättiksyra och smörsyra tyder på feljäsning under lagring och försämrad hygienisk kvalitet. Höga halter av dessa syror påverkar fodrets smaklighet negativt och leder till att korna äter mindre mängd foder (Kriszan & Randy, 2006). Dessutom kan djurets känslomässiga upplevelser, som

stress och grupp beteende, ha inverkan på hur mycket foder det konsumerar (McDonald et al., 2002),

### *Djurbundna faktorer*

Nötkreatur har ett grundläggande driv att äta och deras genetiska förmåga och fysiologiska status avgör deras aptit som definierar djurets energibehov och därmed deras foderintag (Mertens, 2007). Relationen mellan storleken på djurets våm och kroppen har en påverkan på djurets foderintag, som ökar proportionerligt när djuret tillväxer. För djur som är feta stabiliseras istället foderintaget, vilket kan förklaras med att fettdepåer i buken reducerar volymen av våmmen och ger mindre utrymme för foder, men det kan också vara en effekt av djurets metaboliska reglering. Hos dräktiga djur ökar foderintaget med ökat näringsbehov under fosterutvecklingen medan foderintaget reduceras i slutet av dräktigheten till följd av att våmmen begränsas att expandera när fostret ökar i storlek. Kor i tidig laktation har ett stort energibehov till följd av en ökad mjölkproduktion, vilket leder till ökat foderintag (McDonald et al., 2002).

### *Skötselfaktorer*

Intaget av foder hos nötkreatur påverkas av den temperatur som djuret vistas i. När kor vistas inom termoneutralzon (det intervall i omgivningstemperaturen inom vilket den metaboliska hastigheten är minimal och konstant) kan de upprätthålla sin värmebalans utan att foderintaget påverkas. Temperaturer under termoneutralzon medför ökat foderintag medan temperaturer över termoneutralzon reducerar foderintaget (Mc Donald et al., 2002). Olika faktorer så som djurets produktionsstadium och klimatet djuret vistas i påverkar när den nedre respektive övre kritiska temperaturen för termoneutralzon infinner sig. För högdräktiga dikor antas den nedre kritiska temperaturen vara -20 °C. (Sällvik, 1992).

## Utfodringsstrategi

Olika länder har olika näringsrekommendation för nötkreatur. I *Fodertabeller för idisslare 2003*, finns näringsrekommendationer för dikor som hålls i Sverige (Spörndly, 2003). I andra länder används andra näringsrekommendationer som är beräknade utifrån det djurmaterial och de djurhållningssystem som används i landet. Några exempel är *Nutrient Requirements of Beef Cattle* (NRC) som används i USA och ligger till grund för näringsrekommendationer för dikor som hålls där (NRC, 2000) medan *The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock* (ARC) är standard för näringsrekommendationer för dikor som hålls i Storbritannien (ARC, 1980).

Enligt *Fodertabeller för idisslare 2003* är det dagliga energibehovet för en lågdräktig diko med en vikt på 600 kilo (kg) 62 Megajoule (MJ) och det dagliga behovet av smältbart rp beräknas vara 300 gram per kg torrs substans (g/kg TS). För en lågdräktig diko med vikten 800 kg är energibehovet ungefär 76 MJ och det dagliga behovet av smältbart rp 370 g/kg TS. Under högdräktigheten sker en markant ökning av kons näringsbehov och efter kalvning ökar behovet ytterligare och foderstaten beräknas utifrån kons mjölkavkastning (Spörndly, 2003).

Vanligtvis utfodras grovfoder till dikor i fri tillgång vilket är praktiskt fördelaktigt, men medför en större risk att djuren konsumerar mer foder än deras behov (Dahlberg & Jarander, 2008). Enligt Martinsson (1991) kan övervikt hos dikor undvikas genom en restriktiv foderstat. Dikor som är något över normalhull vid installning kan utfodras med 80 % av sitt underhållsbehov av energi men behovet av protein enligt norm skall inte underskridas (Martinsson, 1991). I en studie av Arnesson & Salevid, (2011) jämfördes foderstater till dikor på två olika gårdar under tre stallperioder. Studien visade att korna överutfodrades med både energi och råprotein, framförallt skedde en kraftig överutfodring av råprotein till lågdräktiga dikor.

Utfodring till dikor bör ske på ett sådant vis att kon är i god kondition och har rätt hull vid kalvning. Enligt hullbedömning på en skala mellan 1-5 (där 1 är mager och 5 är fet) så bedöms en ko som har hullklass 3-4 att vara i rätt hull, varken för mager eller för fet. En ko som är mager vid kalvning kan få problem att genomföra kalvningen på grund av otillräcklig energi att klara av påfrestningen. Dessutom är det vanligt att magra kor vid kalvning har ett längre kalvningsintervall eftersom det tar längre tid för kon att återhämta sig efter kalvning. Kor som är feta (hullklass 4-5) vid kalvning har en ökad risk för svåra kalvningar till följd av inlagrat fett kring förlossningsvägarna som medför försvårad utdrivning av kalven (Stenberg, 2006).

## Fodermedel

### *Helsäd*

Helsädesensilage är ett grovfoder med lågt energiinnehåll, låg råproteinhalt och högt innehåll av fiber. Det höga fiberinnehållet gör helsäd till ett mycket passande grovfoder till lågproducerande nötkreatur såsom lågdräktiga dikor. Den låga energikoncentrationen i helsädesensilage gör grovfodret mindre passande till snabbväxande ungdjur, men vid utfodring av proteinrikt och strukturfattig vallfoder är helsädens höga fiberinnehåll och struktur ett passande komplement (Jamieson, 2010).

Helsädesensilage är ett grovfoder som består av hela spannmålsgrödan, både ax och strå (Nadeau, 2007). Skördetid för helsäd är avgörande för fodrets näringsinnehåll och kan ske vid olika mognadsstadium: axgång, mjölmognad eller degmognad men vanligtvis sker skörd innan spannmålskärnan nått fullständig mognad (Rustas, 2009). Smältbarheten för helsäd påverkas främst av mognadsgraden som grödan innehar vid skörd (Südekum et al., 1991). Vid mjölmognad utvecklas spannmålskärnor i axet och lösliga kolhydrater polymeriseras till stärkelse i kärnan (Crovetto et al., 1998). Fram till kärnfyllnad minskar smältbarheten i grödan till följd av en ökad fiberkoncentration i grödans blad- och stjälkfraktioner (Südekum et al., 1991). Under fyllnad av spannmålskärnan ökar smältbarheten i axet samt axets proportion av hela grödan, vilket kompenserar för stjälkens sjunkande smältbarhet under mognad (Cherney & Marten, 1982a; Garnsworthy & Stokes, 1993).

Under grödans utveckling ökar TS-halten successivt vilket resulterar i hårdare spannmålskärnor (Kennely & Weinberg, 2003). Spannmålskärnor i grovfoder av helsäd kan bidra till reducerad smältbarhet för fodret när det konsumeras av nötkreatur eftersom utflödet av spannmålskärnor från våmmen kan öka till följd av att djuret har svårt att sönderdela de hårda kärnorna vid tuggning och idissling (McDonald et al., 2002).

I en studie av Nadeau (2007) jämfördes ensilerad helsäd av havre, korn, rågvete och vete skördade vid tidig degmognad och tidig mjölmognad. Studien påvisade att helsäd av havre var ett fodermedel med relativt låg smältbarhet och hög koncentration NDF oberoende av mognadsstadium vid skörd.

### *Rörflen*

Rörflen (*Phalaris arundinacea L*) är en högproduktiv perenn som är väl anpassad för tempererade klimat såsom norra Europa (El-Bassam, 1998; Lewandowski, 2003). Grödan kan vara svår att etablera och avkastningen under anläggningsåret kan vara mycket låg (Sanderson et al., 2007). En etablerad rörflensvall har snabb tillväxt och grödan är mycket hårdig vilket har visat sig i rörflensvallar som legat i upptill 30 år (Landström & Wik, 1997). En vall som inte behöver brytas särskilt ofta reducerar behovet av jordbearbetning, så som plöjning, vilket är positivt ur miljösynpunkt.



I Sverige odlas endel rörflen, främst för produktion av biobränsle och fiberråvara. Förr användes naturliga bestånd av rörflen som grovfoder till djuren. Under 1980-talet gjordes försök att odla rörflen som fodermedel i norra Sverige. Det fungerade bra men kunde inte konkurrera med andra vallgräs som användes som foder (Landström & Wik, 1997). Enligt Arnesson & Salevid (2012) innehar rörflen ett relativt lågt innehåll av protein och energi medan fiberinnehållet är högt. Detta är en näringsammansättning som kan reglera hullet nedåt på lågdräktiga dikor (Arnesson & Salevid, 2012). I en rapport av Andersson (1968) påvisades rörflen motsatt studien av Arnesson & Salevid (2012) istället vara ett grovfoder med en proteinhalt lik vanliga vallgräs som används som grovfoder till dikor.

### *Blandvall*

Inom svensk nötköttsproduktion är vallfoder det huvudsakliga fodermedlet och utfodras som ensilage, hö eller tillåts betas av djuren. Vanliga vallfoderväxter i Sverige är gräs så som timotej, rajgräs, ängsvingel och hundäxing och baljväxter av exempelvis rödklöver, vitklöver och lusern. Det är vanligt att gräs och baljväxter odlas ihop beroende på skördesystem, jordmån eller klimatzon, dock odlas lusern vanligtvis separat. Grässorterna har generellt ett högre energiinnehåll, medan baljväxterna står för en högre proteinkoncentration. Näringsinnehåll med avseende på energi, protein och mineraler i vallfoder kan vara mycket varierande och skördetidpunkten är den huvudsakliga faktorn att påverka den näringsammansättningen i grovfodret (Jamieson, 2010).

### **Idissling**

Idissling och tuggning av grovfoder innebär fysisk nedbrytning av foderpartiklar som ett första steg i nötkreaturs process att smälta konsumerat foder. Sönderdelning av foderpartiklar är nödvändigt för att icke nedbrytbart digestionsmaterial ska kunna passera vidare i matsmältningskanalen (Mertens, 2007). Fysisk nedbrytning av foderpartiklar medför att innehållet i foderpartiklarnas cellväggar frigörs och blir tillgängligt för mikrober och enzymer så att nedbrytning kan ske. Således gynnas nedbrytning av fiber vid idissling. När djuret tuggar fodret, ökar foderpartiklarnas area och NDF exponeras för mikroorganismerna som bryter ned fodret i våmmen. Idissling stimuleras av långa foderpartiklar så som gräsenilage och hö och av grovfoder med hög koncentration av fiber. Kraftfoder som har lågt fiberinnehåll och liten partikelstorlek ger svag stimulering till idissling (Nørgaard, 2003b).

När djuret äter sorteras stora foderpartiklar till våmmens övre svämtäcke och ger fysiskt stimuli till våmmens papiller, vilket resulterar i den våmkontraktion som ger upphov till idissling (Allen, 1997). När djuret äter och idisslar sönderdelas stora foderpartiklar från en längd av 1-10 cm till små partiklar av längden 0.5-2 mm. De små partiklarna har en tillräckligt liten storlek för att kunna passera våmmen för vidare nedbrytning och/eller absorption av näringsämnen i bladmage, löpmage och tunntarm (Nørgaard, 2003b).

Varaktigheten av den dagliga tuggaktiviteten hos en idisslare kan användas som biologisk indikator för djurets energibalans (Nørgaard, 2003b). Vid idissling stöter djuret upp foder i bollar från våmmen till munnen som tuggas under 30-60 sekunder innan de åter sväljs. Idissling sker i perioder om 30-60 minuter. Den tid som djuret äter och idisslar är av stor betydelse för en väl fungerande våm och bör vara inom intervallet 8-16 timmar per dygn. Idissling inom intervallet medför en gynnsam miljö för våmmens biomassa, vilket ger hög fibernedbrytning, tillräcklig produktion av kortkedjiga fettsyror samt en effektiv mikrobiell proteinsyntes (Nørgaard, 2003a).

Idisslingstid är en indikator på huruvida fermentationsprocessen i förmagarna fungerar. Vid utfodring av grovfoder i fri tillgång till mjölkkor har studier påvisat att kor idisslar 10-12 timmar per dag. Dagligt foderintag påverkar tiden djuret tuggar och idisslar tilldelat foder. Studier på mjölkkor har visat att både idissling och den tiden som kon äter och tuggar foder ökar med ökat foderintag och vid intag av ett grovfoder med längre foderpartiklar (Nørgaard, 2003b).

Djurets kroppsstorlek påverkar tiden djuret äter och idisslar och små idisslare, så som får har påvisats vara mer effektiva att tugga och idissla foder än stora idisslare, så som kor. Det beror på att får tuggar fodret fler gånger per kg TS än vad kor gör. Idisslingstiden per kg NDF har påvisats minska exponentiellt med stigande kroppsvidt och mindre idisslare har fler små partiklar i träck än stora idisslare till följd av en effektivare sönderdelning av foder (Illius & Gordon, 1991). I en studie genomförd av Bae et al., (1983) studerades effekten av kroppsstorlek och antalet minuter som nötkreatur i studien spenderade att tugga, äta och idissla foder per kg cellväggsinnehåll. I studien jämfördes vuxna nötkreatur av olika mjölkras med vikter som varierade mellan 261-861 kg. Studien påvisade att djur som hade en större kroppsvidt spenderade mindre tid att äta, tugga och idissla foder per kg cellväggsinnehåll, än för kor som hade en lägre kroppsvidt.

Idissling och tuggning av foder stimulerar även salivutsöndring hos kor, vilket påvisades i ett försök som inkluderade kor av raserna holstein och jersey (Aikman, 2008). Salivens bikarbonat- och fosfatbuffert styr våmmens pH-värde som neutraliserar syrabildningen i våmmen och skapar en balans mellan buffertsekretion och flyktiga fettsyror (Allen, 1997). En väl fungerande våm har ett pH-värde av 5,5–6,5 (McDonald et al., 2002). Ett pH lägre än intervallet ger upphov till fördröjd mikrobiell nedbrytning av fibern i grovfodret. Det beror på att de bakterier som bryter ned cellulosa hämmas av ett lågt pH-värde (Nørgaard, 2003a). Lågt pH i våmmen kan således resultera i reducerat foderintag och en lägre produktivitet hos djuret (Allen, 1997). Längre idisslingstider ökar fodrets smältbarhet till följd av ökad salivutsöndring som leder till stabilt pH-värde i våmmen och därmed en god miljö för mikroorganismerna som bryter ned fiber (Mertens, 2007).

## Partikelstorlek i träck

Partiklarnas storlek och fördelning i träck beskriver grovfodrets kvalitet och fiberns smältbarhet, vilket kan ge en indikation på våmmens funktion hos idisslare. Således är analys av storlek och fördelning av partiklar i träck ett användbart verktyg för att utvärdera djurens produktion och hälsa (Jalali, 2011).

Det är väl känt att det inte sker någon reduktion av digestionsmaterial som lämnat våmmen (Poppi, 1980), vilket innebär att partikelstorleken i träck är storleken av de foderpartiklar som lämnat våmmen (Ulyatt *et al.*, 1986). Enligt Van Soest (1994) kan endast små foderpartiklar och partiklar med låg smältbarhet passera ut från våmmen och återfinnas som partiklar i träck. Den största storleken av partiklar som kan passera våmmen benämns den kritiska partikelstorleken (critical particle length (CPL)). Partiklar som överstiger en viss längd kan endast med stor svårighet lämna våmmen och de partiklar som tillåts passera bryts inte ned mer (Poppi, 1980). Enligt McDonald *et al.* (2002) är den CPL 3-4 mm medan Ulyatt *et al.* (1986) menar att CPL bör vara 2-4 mm. Enligt Kennedy (2005) definieras storleken på partiklarna i träck som långa, medel, små samt fina partiklar. Långa partiklar definieras som de partiklar som återhålls på en sikt av en maskstorlek på 1 mm alternativt 1,18 mm, medelstora partiklar 0,5 mm alternativt 0,6 mm, små partiklar 0,2 mm, medan partiklar som är <0,2 mm beskrivs som fina partiklar.

Partikelstorleksfördelningen i träck kan fungera som ett mått på hur foderstaten påverkar våmfunktionen hos idisslare. Idisslare med en väl fungerande våm och fodernedbrytning har många små och relativt få stora partiklar i träck. Många stora partiklar i träck indikerar en foderstat med en stor andel lättsmält foder och begränsad struktur. Det kan ge upphov till reducering av våmsammandragningar och idissling och därmed reducerad fodernedbrytning (Nørgaard et al., 2007). En stor andel små partiklar i träck är ett tecken på en lång retentionstid och effektiv nedbrytning av digestionsmaterial i våmmen (Varga, 2003). När retentionstiden är kort minskar nedbrytningen av NDF (Nørgaard et al., 2007) och en ökning av den genomsnittliga partikelstorlek i träck sker (Jalali, 2011).

Fodrets egenskaper, såsom storlek på foderpartiklar och grödans mognadsstadium vid skörd, har en inverkan på partikelstorleksfördelningen i träck. I en studie av Rustas et al. (2010) påvisas att kortare foderpartiklar bidrar till kortare idisslingstider jämfört med längre foderpartiklar och leder till fler stora partiklar i träck. Studien påvisar även att den genomsnittliga partikelstorleken i träck ökar vid utfodring av helsäd som har skördats vid ett sent mognadsstadium till följd av ökad koncentration av NDF i fodret, jämfört med tidigare skördad helsäd (Rustas et al., 2010).

Vid sen skörd av grovfoder ökar koncentrationen av NDF och lignin i grovfodret, vilket minskar grovfodrets smältbarhet och idisslingstider per kg TS blir längre. Det medför att andelen små partiklar i träck ökar och därmed minskar den genomsnittliga partikelstorleken i träck (Jalali, 2015).

En ökad andel NDF i grovfodret medför också en ökad partikel-TS (particle dry matter (PDM)) (Jalali, 2011). Enligt Nørgaard (2013) är PDM det material som används vid bestämning av partikelstorlek i träck. Jalali (2011) beskriver PDM i träck som partikel TS i träck/totalt TS i träck och är den TS som återfinns efter att prov har tvättats och frystorkats.

I en studie av Kornfelt (2012) utfodrades sinlagda mjölkkor med ensilerad lusern (alfalfa) som antingen var tidigt eller sent skördat på odlingssäsongen. Studien påvisade att ett tidigt skördat ensilage med låg lignifiering av NDF medförde lägre genomsnittlig partikelstorlek i träck än ett senare skördat, vilket beror på att ett foder som är mindre lignifierat är lättare att tugga när djuret idisslar.

Enligt Jalali (2011) påverkas partikelstorleken i träck av djurets kroppsstorlek och mindre idisslare, såsom får, påvisades ha fler små partiklar i träck jämfört med nötkreatur med högre kropps-vikt. Det kan bero på att små idisslare tuggar fodret mer effektivt per kg TS, vilket leder till att djuret sväljer foderpartiklar med en mindre partikelstorlek som lättare bryts ned i våmmen och återfinns som små partiklar i träck (Domingue et al., 1991).

### Bestämning av partikelstorlek i träck

Det finns ett flertal analysmetoder för bestämning av storlek och fördelning av partiklar i träck varav torr- och våtsiktning är vanliga metoder för ändamålet (Ulyatt et al., 1986). Proceduren för de olika analysmetoderna skiljer sig åt men principen är densamma. Syftet för samtliga metoder är att utvärdera storlek och fördelning av partiklar i träck genom att sortera partiklar efter längd till olika såll i en sikt (Jalali, 2011). Partikelfördelning i träck kan beskrivas som ett genomsnitt och en spridning av partiklarnas massa i varje såll. Vid beräkning av partikelstorleksfördelning kan antagandet om en normalfördelning och ett aritmetiskt genomsnitt av värden beräknas (Waldo et al., 1971). Vid torrsiktning torkas träckprov för att sedan siktas mellan såll av olika maskstorlek. Vid våtsiktning sköljs prov istället med vatten genom sållen (Ulyatt et al., 1986). En sikt består av 3-6 såll som är placerade ovanpå varandra med avtagande mask-

storlek. Störst masköppningar återfinns i sållet längst upp, vilket medför att de största partiklarna stannar kvar i sållet längst upp medan de minsta partiklarna hamnar i en skål under sållen (Nørgaard, 2003b).

Analysmetoden torrsiktning ger en beskrivning av partiklarnas längd men det finns en risk att de under siktningsprocessen istället sorteras efter diameter (Van Soest, 1994). Långa partiklar tenderar nämligen att vid siktning stå på högkant och passerar såll med en öppningsdiameter som är väsentligt mindre än partikelns längd (Vaage *et al.*, 1984). Vid våtsiktning sorteras partiklarna oftare efter längd än vid torrsiktning (Van Soest, 1994). Vid torrsiktning finns det en risk att partiklar går sönder och ger ett felaktigt resultat (Ulyatt *et al.*, 1986).

Även bildbehandlingsteknik kan användas som analysmetod för att bestämma partikelstorlek i träck. Proceduren innefattar torrsiktning och därefter inscanning av partiklar från de olika siktfraktionerna för analys i ett dataprogram. Metoden ger information om partiklarnas area, bredd och längd (Nordqvist, 2006). Analysmetoden är tillförlitlig, dock kan längden på böjda partiklar undervärderas (Nørgaard, 2003b).

## Material och metod

### Forskningsstation

Utfodringsförsöket genomfördes på forskningsstationen Götala nöt- och lammköttscentrum, som är beläget ett par kilometer utanför Skara i Västra Götalands län. Försöket pågick under en period av nio sammanhängande veckor som påbörjades i oktober och avslutades i december år 2012. Försöket var godkänt av Göteborgs djurförsöksetiska nämnd, diarienummer 175-2012. Korna i försöket hölls i en oisolerad ladugård på Götala i lösdrift med skrapgångar och djupströbädd av halm.

### Djurmateriäl

Djurmaterialet i utfodringsförsöket bestod av 24 herefordkor och 24 charolaiskor. Vid försökets start var den genomsnittliga kroppsvikten för samtliga herefordkor  $692 \text{ kg} \pm 12 \text{ kg}$  (medelvärde  $\pm$  standardavvikelse) och för samtliga charolaiskor  $766 \text{ kg} \pm 8,5 \text{ kg}$ . Korna var födda år 2005-2009 med en genomsnittsålder på  $4 \text{ år} \pm 1 \text{ år}$ . Korna var lågdräktiga under försöksperioden och befann sig högst i sjunde dräktighetsmånaden vid försökets slut.

### Fodermedel och utfodring

Tre ensilerade grovfoder användes i försöket: timotej/klöver (T), rörfilen (R) (*Phalaris Arundinacea L.*) och helsäd av havre (H) (*Avena Sativa L.*). Huvudsakligen bestod T av timotej (*Phleum pratense L.*) och mindre än 10 % rödklöver (*Trifolium pratense*). Vid blomning den 28 juni hade T skördats. Den 4 juli hade R skördats vid blomning medan H hade skördats vid sent degmognadsstadium den 12 augusti. Samtliga grödor var skördade under år 2012. Vid Götala i Skara hade T och H skördats medan R hade skördats i Alboga. Innan fodermedlen ensilerades i rundbalar förtorkades T och R under 5-8 timmar och H under 3-5 timmar. I samband med skörd tillsattes för varje ton färsk gröda två liter av ensileringsmedlet Kofasil Ultra K (16,5% natriumnitrit, 11,0% hexametylen tetramin, 8,1% kaliumsorbit, 2,2% natriumbensoat, 0,8% natriumpropionat Addcon Europe GmbH). Rundbalar av T och R var inplastade med åtta lager plast och H med tio lager. Lagringen av balarna var minst 65 dagar lång innan fodermedlet användes för utfodring i försöket

De olika fodermedlens näringsinnehåll, smältbarhet och fermenteringskvalitet presenteras i tabell 1.

**Tabell 1.** Kemisk sammansättning, fermentationsprodukter och pH för timotej, helsäd, rörflen som medel  $\pm$  standardavvikelse över tre försöksperioder.

	<b>timotej</b>	<b>helsäd</b>	<b>rörflen</b>
TS (%)	46 $\pm$ 2,0	44 $\pm$ 0,8	53 $\pm$ 2,4
IVOMD (%)	77 $\pm$ 1,5	50 $\pm$ 0,3	63 $\pm$ 1,9
<b>kemisk sammansättning</b>			
aska (g/kg TS)	60 $\pm$ 6,1	62 $\pm$ 5,6	40 $\pm$ 4,6
rp (g/kg TS)	83 $\pm$ 4	45 $\pm$ 5	119 $\pm$ 1
smb rp (g/kg TS)	46 $\pm$ 3	11 $\pm$ 4	80 $\pm$ 1
NDF (g/kg TS )	590 $\pm$ 20	546 $\pm$ 56	651 $\pm$ 11
ADF (g/kg TS )	351 $\pm$ 14	327 $\pm$ 43	384 $\pm$ 3
ADL (g/kg TS )	453 $\pm$ 6	415 $\pm$ 2	575 $\pm$ 10
iNDF (g/kg TS)	134 $\pm$ 4	198 $\pm$ 2	206 $\pm$ 6
iNDF (g/kg NDF)	222 $\pm$ 10	343 $\pm$ 22	311 $\pm$ 3
stärkelse (g/kg TS)		106 $\pm$ 29	
<b>fermentationsprodukter</b>			
NH <sub>3</sub> -N (g/kg total N)	94 $\pm$ 8,0	84 $\pm$ 6,0	88 $\pm$ 14,0
mjölksyra (g/kg TS)	35 $\pm$ 5,7	26 $\pm$ 3,9	13 $\pm$ 6,5
ättiksyra (g/kg TS)	8,8 $\pm$ 0,14	6,5 $\pm$ 0,3	4,4 $\pm$ 0,7
etanol (g/kg TS)	3,4 $\pm$ 0,4	1,9 $\pm$ 0,03	1,9 $\pm$ 0,2
socker (g/kg TS)	126 $\pm$ 22	40 $\pm$ 5	67 $\pm$ 12
pH	4,5 $\pm$ 0,1	4,5 $\pm$ 0,0	5,1 $\pm$ 0,5

TS = torrs substans; IVOMD = *In vitro* rumen organic matter digestibility; rp = råprotein; smb rp = smältbart råprotein; NDF = neutral detergent fibre; ADF = acid detergent fibre; ADL = acid detergent lignin; iNDF = indigestible NDF; socker = lösliga kolhydrater.

Korna utfodrades två gånger per dag, kl 08.00 och 14.00, och tilldelades varje fodermedel i fri tillgång (vid utfodring fanns minst 10 % foderrester kvar på foderbordet). För att samtliga djur skulle få samma partikellängd på fodret hackades fodret i en fodervagn innan utfodring. Utöver grovfoder gavs korna 100 g vitaminberikade mineraler per ko och dag samt fri tillgång på salt. På grund av låg koncentrationen av rp i H kompletterades detta foder dagligen med urea i samband med utfodring. Under de första fyra dagarna av försöksperioden gavs dagligen en ureagiva på 120 g till de fyra korna i respektive grupp. Givan ökades sedan med 40 gram per dag till och med dag 7 då full dos, (240 g per box och dag) uppnåts. Under de följande två veckorna i

respektive försöksperiod tilldelades djuren således dagligen en ureagiva på 240 g/grupp, vilket motsvarade ett råproteinintag på 174 g per ko och dag. Ureagivan blandades ut i åtta liter vatten och hölls därefter över fodret i krubban. Smältbarheten på urean var 80 % och 1 g urea gav 2,9 g rp, vilket innebar att 1 g urea gav 2,3 g smb rp.

Vid beräkning av koncentrationen för smb rp i respektive fodermedel användes medelvärden av smältbarhetskoefficienterna för de tre försöksperioderna, vilket resulterade i 56 % för T, 24 % för H och 67,6 % för R. Tillsats av urea till H medförde en ökad koncentration av rp med i genomsnitt 12,8 g per kg TS. Vilket resulterade i en total genomsnittlig råproteinkoncentration för H på 57,8 g per kg TS efter tillsats av urea. Det genomsnittliga dagliga intaget av smb rp från urea när korna konsumerade H var för charolais 124,4 g per ko och dag och 124,9 g per ko och dag för hereford. För samtliga resultat på fodrens innehåll och kornas intag av rp och smb rp i tabell 1, 2 och 3 ingår inte den mängd rp som tillsatts från urea.

## Försöksdesign

Djuren var slumpvis fördelade på 12 grupper med fyra djur i varje grupp. I respektive grupp hölls djur av samma ras, varav sex grupper med herefordkor och sex grupper med charolaiskor. Varje grupp slumpades på en av tre foderbehandlingar.

Försöksdesignen var en dubbel 3x3 romersk kvadrat, där effekt av ras motsvarade effekt av kvadrat. Utfodringsförsöket var indelat i tre försöksperioder om tre veckor, varav de första två veckorna utgjorde en tillvänjningsfas medan den sista veckan bestod av daglig datainsamling (datainsamlingsperiod).

Under respektive försöksperiod utfodrades två grupper av vardera rasen med en av de tre foderbehandlingarna (figur 1). Byte av fodermedel utfördes var tredje vecka, vid samma tidpunkt för samtliga grupper.

	hereford						charolais					
grupp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
period 1	H	T	R	H	T	R	H	T	R	H	T	R
period 2	T	R	H	R	H	T	T	R	H	R	H	T
period 3	R	H	T	T	R	H	R	H	T	T	R	H

Figur 1. Försöksdesign med två olika raser, tre perioder och tre behandlingar, H=helsäd av havre; T=timotej; R=rörflen.

## Datainsamling och provtagning

### Foder och foderrester

Under samtliga datainsamlingsperioder genomfördes provtagning av foder och foderrester för analys av TS, näringsinnehåll och hygienisk analys. Foder och foderrester för varje grupp vägdes och prov togs dagligen under datainsamlingsperioden. Foderproven slogs sedan samman till ett prov per fodermedel och datainsamlingsperiod medan foderrestproven sammanslogs till

ett prov per grupp för varje datainsamlingsperiod. Prover för hygienisk analys togs på varje försöksfoder direkt efter hackning vid minst fyra tillfällen under varje försöksperiod. Dessa sammanslogs sedan till ett samlingsprov per försöksperiod, vilket representerade 4-5 hackade balar.

### *Träck*

För analys av TS, PDM och partikelstorlek i träck genomfördes insamling av träck under de fem första dagarna i varje datainsamlingsperiod. Från respektive ko samlades ett träckprov in, ca 200 g. Prover från kor i samma grupp och försöksperiod sammanslogs till ett samlingsprov (träckprov). Samtliga insamlade prover förvarades i frys vid -20°C.

### *Idisslingstid*

Idisslingstiden för varje individuell ko registrerades med RuminAct™ (SCR, Netanya, Israel, 2012) under hela försöket. RuminAct™ är ett system som via en mikrofon på kons halsband registrerar djurets idisslingsaktivitet. Den totala idisslingstiden per dag registreras i minuter och tiden redovisas i jämna tvåtimmarsintervaller. Halsbanden avlästes varje dag och daglig idisslingstid från datainsamlingsperioden sammanställdes till ett medel per grupp och försöksperiod.

I utfodringsförsöket beräknades även idisslingsindex enligt Nørgaard *et al.* (2011) för respektive fodermedel under de tre försöksperioderna. Idisslingsindex beräknades med formeln:  $\text{Idisslingsindex (min/kg TS)} = 100 * \text{NDF (g/kg TS)} / 1000 \text{ size\_R} * \text{hårdhetsfaktorn}$

som inkluderar de olika fodermedlens genomsnittliga koncentration av NDF över de tre försöksperioderna, teoretisk hackselängd (Size\_R) vilket är en konstant (Nørgaard *et al.*, 2011) samt hårdhetsfaktorn. Hårdhetsfaktorn beräknades med formeln:  $\text{Hårdhetsfaktorn} = 0,75 + (\text{iNDF (g/kg NDF)} / 1000)$ .

För de olika fodermedlen användes den genomsnittliga koncentrationen av iNDF över de tre försöksperioderna.

### *Torrsiktning*

På laboratoriet vid Köpenhamns Universitet genomfördes analys av storlek och fördelning av partiklar i träck med metoden torrsiktning. Totalt analyserades 36 träckprover som samlats in under utfodringsförsöket. Varje träckprov var ett samlingsprov från kor i samma grupp för varje försöksperiod. Inför torrsiktning genomgick varje träckprov tvättning samt frystorkning av varje prov.

Samtliga torkade träckprover tilldelades ett arbetsnamn. En beskrivning av arbetsnamnet görs här nedan och kan användas som förklaring om proverna används i andra försök. Arbetsnamnet inleds med FC, (en förkortning av feaces), följt av numret på den period som provet samlats in från samt utförd behandling, där H står för helsäd, R för rörflen och G för timotej. Därefter benämndes grupp och sist boxnumret på den box som djuren befunnit sig. I studien separerades inte spannmålskärnorna i H från fiberpartiklarna innan torrsiktning.

### *Tvättning*

Tvättning av träckprover gjordes i nylonpåsar (påsar) av storleken 150 x 90 millimeter (mm) med en porstorlek av 0,01 mm. Till en början hölls salt i påsarna som sedan skakades för att säkerställa att det inte fanns några hål i påsarna. Träckproverna lät tinas under ett dygn. Därefter blandades respektive träckprov för att skapa en homogen blandning och tre replikat med vikten

av ca 7 gram placerades i en påse. Ett protokoll användes för att dokumentera från vilket träckprov respektive replikat tagits samt påsens nummer och vikt noterades. Därefter tillsattes 4,5 ml flytande tvättmedel (BIOTEX color, Blumüller, Danmark) till påsarna som masserades så att tvättmedel och träck blandades. Tvättmedlets funktion var att avlägsna protein och lättlösliga kolhydrater så att endast den upplösta fiberbeståndsdelen i form av partiklar blir kvar efter tvättning (Kornfelt et al., 2012). Påsens öppning tillslöts med två vikningar från öppningen mot påsens mitt, därefter veckades påsens övre hälft horisontellt och omslötts av ett gummiband. Verkningsstid för tvättmedlet var en timme och därefter skedde tvättning av påsarna under två timmar i en tvättmaskin i 40 °C med en centrifugeringshastighet av 700 rpm. Maximalt kunde 16 påsar tvättas samtidigt.

### *Frystorkning*

Metoden torrsiktning kräver torra partiklar som är lätta att separera. Således torkades de tvättade partiklarna med frystorkning. Frystorkning valdes som metod eftersom ett hårt proteinhölje bildas kring partiklar som torkas i ugn, vilket försvårar separationen av partiklar vid torrsiktning (Kornfelt et al., 2012).

Inför frystorkning vägdes och märktes aluminiumformar (form) med numret för den aktuella påsen och träckprovet. Frystorkens storlek begränsade antalet formar till 24 stycken. Formar har en tendens att absorbera fukt från luften och på så vis påverka dess totala vikt. Därför torkades formarna i en ugn vid 100 °C under ett dygn. Vid nedkylning av formarna förvarades de i en eksikator under minst 30 minuter. Eksikator är en behållare med en miljö som förhindrar att fukt återabsorberas till formen (Moughan et al., 2000).

Varje tvättad påse vrängdes så att innehållet hamnade i en form. De partiklar som var kvar på påsens insida sköljdes försiktigt av med destillerat vatten ssiktigt av med destillerat vatten r som var kvar pplacerades sedan i en frys vid -20 °C under en timme. Därefter placerades replikaten i en frystork (Hetosicc CD 8). Beroende på vattenmängden i formarna tog frystorkningsprocessen olika lång tid, normalt 1-2 dygn. Efter frystorkning placerades formarna i en eksikator i minst 20 minuter. Det gjordes för att undvika att fukt från luften skulle absorberas till formen och provet under den tid rumstemperatur uppnåddes. Respektive form inklusive prov vägdes sedan och vikten noterades.

Efter frystorkning bestod provet av PDM. Vid beräkning av PDM användes formel; torr-vikt/våtvikt/TS i träck Nørgaard (2013). För att möjliggöra beräkning av PDM gjordes en bestämning av TS i träck för varje replikat.

### *Säkerställa resultat från frystorkning*

För att säkerställa att resultatet av respektive frystorkat träckprov var korrekt och användbart för torrsiktning beräknades standardavvikelsen enligt formeln;  $\sqrt{\text{var}2}$ , för TS i frystorkade prover. Enligt Nørgaard (2013) ger det en beskrivning av den genomsnittliga avvikelsen från medelvärdet för respektive replikat inom ett träckprov, där värdet ej bör överskrida 2 %. Ju större standardavvikelsen är desto större är spridningen mellan replikaten. En hög standardavvikelse indikerar att ett fel har uppkommit under processen.

För att beskriva graden av överensstämmelse mellan frystorkade träckprov skattades den relativa standardavvikelsen enligt formeln;  $\sqrt{\text{var}2}/\mu\text{TS}$  i torkat träckprov, för TS-halt i respektive frystorkat träckprov (Moughan et. al., 2000). Genom att beräkna ett medelvärde av relativa standardavvikelsen för alla träckprov kunde en accepterad relativ standardavvikelse bestämmas. Överskreds den relativa standardavvikelsen för ett replikat med 16 % gjordes ett nytt replikat.



### *Torrsiktning*

Partiklar från de frystorkade proverna siktades med en vertikal elektrisk sikt (Retsch AS 200 Control) till sex olika fraktioner. Fem olika såll användes med maskstorleken 2,36 mm (O), 1,0 mm (M), 0,5 mm (S), 0,212 (D), 0,106 mm (C) samt en bottenskål (Nørgaard et al., 2004). Partiklarna hade under frystorkningsprocessen hakat fast i varandra och för att underlätta siktningen fördelades dessa med en nylonpensel (Kornfelt et al., 2012). Ett av tre replikat från ett träckprov placerades på såll O och partiklarna penslades försiktigt genom sållet, likaså gjordes för de partiklar som hamnade på såll M. Siktningen pågick under två minuter (150 amplitud mm/´g´) och proceduren gjordes med tre replikat för varje träckprov.

Siktfraktioner från respektive såll samt bottenskålen samlades var för sig i en form och vägdes där vikten noterades. Därefter samlades partiklar från respektive siktfraktion i en plastpåse för att kunna användas vid andra försök och analyser. Påsen märktes med provnamn, datum samt siktfraktion och förvaras vid Köpenhamns Universitet.

Data från individuella siktfraktioner inom respektive träckprov lades in i Microsoft Excel. Utifrån registreringar av proportion och massa beräknades PDM, typvärde, median, 95 percentil enligt (Nørgaard, 2006). Genomsnittlig partikelstorlek i träck beräknades med lägesmått aritmetisk samt geometrisk och benämns i rapporten som; aritmetisk partikelstorlek (APS) och geometrisk partikelstorlek (GPS) (Nørgaard, 2006), resultat presenteras i tabell 1.

I denna studie definieras storleken på partiklarna i träck som stora, medel eller små. Stora partiklar definieras som de partiklar som återhålls på en sikt av en maskstorlek på 2,36 eller 1 mm, medelstora partiklar 0,5 mm, och små partiklar som 0,212 och 0,106 samt bottenskålen.

### *Säkerställa resultat från torrsiktning*

För att kontrollera att partikelmängden efter siktningen ej hade förändrats märkvärt gjordes en jämförelse mellan totalvikten av siktfraktioner inom ett träckprov och totalvikten av frystorkat träckprov. För att ytterligare kontrollera att siktfraktionernas vikt stämde vägdes de igen och proportionen av varje siktfraktion för respektive prov beräknades. Metoden möjliggjorde att löpande jämföra resultatet av de siktade träckproverna och på så vis få en uppfattning om värdena var relevanta.

## **Analyser**

### *Bestämning av TS i träck och foder?*

Vid Götala nöt- och lammköttscenrum bestämdes TS-halten dagligen för varje fodermedel under samtliga datainsamlingsperioder genom att cirka 200 g foder torkades vid 60 °C under 24 timmar. TS-halten beräknades med formeln; torrsvikt/våtsvikt\*100. Vid Köpenhamns universitet gjordes bestämning av TS i träck. För varje träckprov togs två replikat som vardera vägde 4,5 g vilka torkades i ugn vid 100 °C under 24 timmar. Därefter placerades proverna i en eksikator under minst 30 minuter. TS-halten i träck beräknades enligt formeln; torrsvikt/våtsvikt\*100.

### *Kemiska analyser*

Kemiska analyser genomfördes på foderprov som torkats vid 60 °C i 24 timmar och malts genom ett 1 mm såll. Vid Köpenhamns Universitet analyserades aska, rp, NDF, ADF och ADL. Koncentrationen av aska i fodermedlen bestämdes vid förbränning under 16 timmar i 525 °C (Chemists, 2004). Den totala kvävekoncentrationen i de olika fodermedlen analyserades med Kjeldahls metod (AOAC, 2012) och multiplicerades med 6,25 för att skatta innehållet av rp. Det askfria innehållet av NDF, ADF och ADL bestämdes med sekventiell analys efter att foderproven hade vägts in i filterpåsar i en ANKOM-apparat (ANKOM200, 65 rpm agitation,

Ankom Technology, Fairport, NY, USA) enligt Van Soest et al., (1991). Analysmetoden modifierades genom att ett termostabilt  $\alpha$ -amylas 173 (Novozymes, Bagsvaerd, Denmark) tillsattes under kokning med en neutral detergent. Analyser för innehåll av iNDF gjordes vid Lövsta forskningscentrum samt Kungsängens Forskningslaboratorium, SLU, Uppsala. Koncentrationen av iNDF bestämdes på torkat prov som malts med en sällstorlek på 1,5 mm. De malda proven vägdes in i påsar och inkuberades in situ i två våmfistulerade kor i 288 timmar enligt Norfor (Brabender OHG, Duisburg, Germany). De foderrester som fanns kvar efter inkuberingen tvättades i tvättmaskin och torkades innan analys av NDF, som betecknas som iNDF (Åkerlind et al., 2011). Innehållet av stärkelse i helsäd analyserades enzymatiskt enligt Larsson & Bengtsson (1983) vid Kungsängens Forskningslaboratorium, Uppsala.

Hygienisk analys av fermentationsprodukter (syror, alkoholer, ammonium) genomfördes på pressvatten från foderproven på Centrallaboratoriet, Humboldt Universitet, Berlin, Tyskland. Koncentrationen av ammoniak i fodermedlen bestämdes fotometriskt med Scalar (CSFA, 2004) baserat på Berthelot-reaktionen. Mjölksyra analyserades med HPLC-metoden (High Performance Liquid Chromatography) (Weiss & Kaiser, 1995). Ättiksyra, propionsyra, smörsyra och etanol analyserades med gaskromatografi enligt Weiss (2001), analyserna genomfördes på pressvatten.

Vid bestämning av koncentrationen av socker och pH genomfördes analyser på pressvatten från foderproven. Bestämning av socker genomfördes med anthrone-metoden enligt Lengerken & Zimmermann (1991) medan bestämning av pH genomfördes potentiometriskt med en kalibrerad pH elektrod.

Vid Kungsängens Forskningslaboratorium, SLU, Uppsala genomfördes analys av smältbarheten av organisk substans för samtliga fodermedel. Timotej och rörfen analyserades för våmvätskelöslig organisk substans med VOS-metoden enligt Lindgren (1983) och för helsäd gjordes bestämning av *in vitro* våmvätskelöslig organisk substans med IVOS-metoden enligt Tilley & Terry (1964).

För bestämning av smb  $r_p$  i de olika fodermedlen beräknades en smältbarhetskoefficient för respektive fodermedel enligt Pålson (1973). Smältbarhetskoefficienten för respektive fodermedel multiplicerades med råproteinkoncentrationen i respektive fodermedel. Den genomsnittliga koncentrationen av  $r_p$  i H beräknades efter att urea hade tillsatts fodret och med hänsyn till mängd utfodrat foder och mängd foderrester per dag under respektive datainsamlingsperiod. Rekommenderat intag av  $r_p$  enligt norm beräknades enligt Norrman (1977) för respektive ras.

### *Databearbetning och statistiska analyser*

Data på foderintag, partikelstorlek i träck och idisslingstid analyserades statistiskt med Mixed model procedure i SAS®. Alla variabler analyserades på gruppnivå och därmed var grupp försöksenhet.

Den statistiska modell som användes var:

$$y_{hijkl} = \mu + \pi_h + r_i + \tau_j + \gamma_k + (\pi r)_{hi} + (r\tau)_{ij} + (\pi\tau)_{hj} + s_{l(i)} + e_{ijkl}$$

$y_{hijkl}$  = beroende variabel,  $\mu$  = medelvärde,  $\pi_h$  = fix effekt av period ( $h=1,2,3$ ),  $r_i$  = fix effekt av ras ( $i=1,2$ ),  $\tau_j$  = fix effekt av behandling ( $j=1,2,3$ ),  $\gamma_k$  = fix effekt av eftereffekt ( $k=1,2,3$ ),  $s_{l(i)}$  = slumpmässig effekt av grupp ( $l=1$  till 6),  $e_{ijkl}$  = slumpmässigt residualfel.

Med anledning av ett stort antal (>20) parametrar i analysen användes Tukeys metod för separering av enskilda medelvärden för att minimera risken för falska signifikanser. När F-testet visade signifikanta effekter av behandling och ras samt deras samspel ( $p \leq 0,05$ ) gjordes parvisa jämförelser mellan medelvärdena, Least Squares Means. Samspelet ras\*eftereffekt uteslöts från modellen eftersom  $p > 0,20$  för samtliga variabler (y). Samspelet period\*ras och period\*foder var signifikanta för några parametrar och behölls därför i modellen.

## Resultat

### Foderintag

Studien påvisade att det fanns skillnader i dagligt foderintag när fodermedlen jämfördes (tabell 2). Konsumtionen av TS uttryckt som kg per dag var störst för korna när de utfodrades med T och minst när de utfodrades med R och TS konsumtionen av H låg däremellan. Utfodring av H resulterade i minsta dagliga intaget av NDF följt av R, medan utfodring med T ledde till störst intag av NDF. Däremot var det dagliga intaget av iNDF störst hos korna vid utfodring av H följt av R och minst vid utfodring av T.

Det fanns ingen effekt av ras när foderintaget uttrycktes som % av kroppsvikt men det fanns skillnader mellan fodermedlen (tabell 2). Störst TS-intag i % av kroppsvikt var T följt av H och R. Även intag av NDF i % av kroppsvikt var störst för T följt av R och minst för H. Däremot var H det fodermedel som bidrog till störst iNDF-intag i % av kroppsvikt följt av R och minst för T.

**Tabell 2.** Huvudeffekt av fodermedel; timotej, helsäd och rörflen på foderintaget som ett medel över två raser (N = 36).

	timotej	helsäd	rörflen	SEM	P-värde
<b>intag (kg/dag)</b>					
TS	14,9 <sup>a</sup>	12,4 <sup>b</sup>	11,5 <sup>c</sup>	0,14	***
NDF	8,82 <sup>a</sup>	6,70 <sup>c</sup>	7,52 <sup>b</sup>	0,08	***
iNDF	2,00 <sup>c</sup>	2,45 <sup>a</sup>	2,37 <sup>b</sup>	0,02	***
rp	1,23 <sup>b</sup>	0,55 <sup>c</sup>	1,38 <sup>a</sup>	0,01	**
smb rp	690 <sup>b</sup>	140 <sup>c</sup>	934 <sup>a</sup>	7,9	**
<b>intag (% av kroppsvikt)</b>					
TS	2,0 <sup>a</sup>	1,7 <sup>b</sup>	1,6 <sup>c</sup>	0,02	***
NDF	1,2 <sup>a</sup>	0,9 <sup>c</sup>	1,0 <sup>b</sup>	0,01	***
iNDF	0,26 <sup>c</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,32 <sup>b</sup>	0,003	***

TS = torrs substans; NDF = neutral detergent fibre; iNDF = indigestible NDF; rp= råprotein; smb rp; smältbart råprotein; SEM = Standard Error Mean; \*\* =  $P < 0,05$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$ ; De värden som signifikant skiljer sig åt har markerats med olika bokstäver (a,b,c,).

I studien påvisades även skillnader mellan raserna gällande dagligt foderintag uttryckt i mängd. I tabell 3 presenteras resultat för intaget av TS, NDF, iNDF, rp och smb rp för hereford och charolais som ett medel över de tre fodermedlen och de tre försöksperioderna. Kor av rasen charolais påvisades ha ett genomgående högre intag jämfört med hereford.

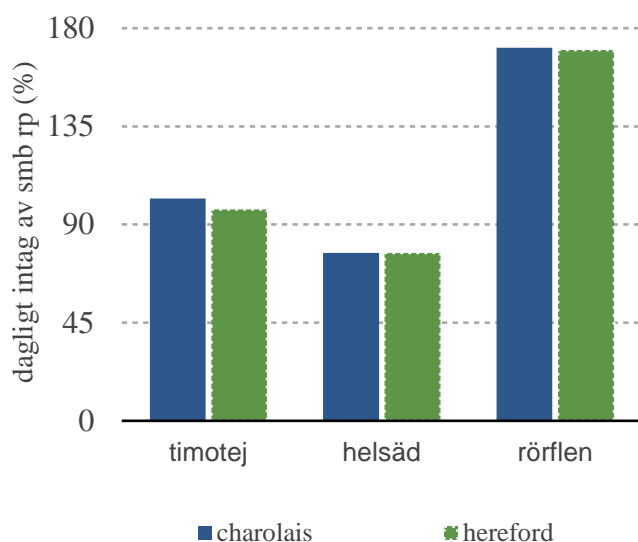
Dagligt intag av TS, NDF, iNDF, rp och smb rp för respektive ras för respektive foder presenteras i bilaga 1 (tabell 1). Vid analys av samspelseffekter mellan ras och behandling påvisades ett samspel för dagligt intag av iNDF samt smb rp. För hereford var det dagliga intaget av iNDF lika stort när korna konsumerade H och R och var signifikant större jämfört med T. Störst dagligt intag av iNDF för charolais gav H följt av R och T. Kor av rasen charolais hade genomgående ett större intag av iNDF för samtliga foder jämfört med hereford, se bilaga 1 (tabell 1). Det dagliga intaget av smb rp för både hereford och charolais var högst vid intag av R och lägst för H. Charolaiskor hade större konsumtion av smb rp än hereford för T och R men det var ingen skillnad mellan raserna när de utfodrades med H, se bilaga 1 (tabell 1).

**Tabell 3.** Huvudeffekt av ras på intaget av TS, NDF, iNDF, rp och smb rp som ett medel över de tre fodermedlen timotej, helsäd av havre och rörflen (N=36).

	charolais	hereford	SEM	P - värde
<b>intag</b>				
TS (kg/dag)	13,5	12,5	0,17	***
NDF (kg/dag)	8,01	7,35	0,08	***
iNDF (kg/dag)	2,37	2,18	0,30	***
rp (kg/dag)	1,1	1,01	0,02	**
smb rp (g/dag)	611	566	8,63	**

TS = torrrsubstans; NDF = neutral detergent fibre; iNDF = indigestible NDF; rp= råprotein; smb rp; smältbart rp; SEM = Standard Error Mean; \*\* = P<0.05; \*\*\* = P<0.001

Resultat av de båda rasernas genomsnittliga dagliga intag av smb rp presenteras i figur 1. Vid utfodring av R påvisades kor av rasen charolais ha ett dagligt genomsnittligt intag av smb rp på 171 % av norm (Spörndly, 2003), men när de utfodrades med T hade de ett intag av smb rp på 102 % av norm. När kor av rasen hereford konsumerade R påvisades ett dagligt intag av smb rp på 170 % av norm och när de konsumerade T var det dagliga genomsnittliga intaget 97 % av norm. När korna konsumerade H påvisades däremot en underutfodring av smb rp för både charolais och hereford med 23 % under norm.



**Figur 1.** Genomsnittligt dagligt intag av smältbart råprotein (smb rp) uttryckt i % av det dagliga behovet enligt norm (Spörndly, 2003) för dikor av raserna charolais och hereford, vilka utfodrats med timotej, helsäd av havre och rörflen (N = 36).

## Idisslingstid

Studien kunde inte visa på några skillnader mellan raserna vad gällde idisslingstid. Däremot fanns det skillnader mellan fodermedlen (tabell 4). Den längsta dagliga idisslingstiden uppmättes hos korna när de utfodrades med T, medan den kortaste dagliga idisslingstiden uppvisades hos korna som åt H. Den genomsnittliga idisslingstiden per kg TS-intag var längst hos korna när de utfodrades med R och det fanns inga skillnader mellan T och H. Kortast idisslingstid per kg NDF-intag registrerades hos kor som utfodrades med T. Det fanns inga skillnader i idisslingstid per kg NDF-intag mellan R och H.

Idisslingsindex för R var 69 min per kg TS, för H 59 min per kg TS och T 57 min per kg TS. Förhållandet mellan fodrens idisslingsindex var detsamma som förhållandet mellan fodrens registrerade idisslingstider per kg TS. Beräknat idisslingsindex resulterade i generellt längre idisslingstider för alla fodermedel jämfört med idisslingstiderna (min/kg TS) som uppmätts med RuminAct™ under försöket (tabell 4).

**Tabell 4.** Effekt av fodermedel timotej, helsäd och rörflen på idisslingstid som ett medel över två raser uppmätt med RuminAct™ (N = 36).

	timotej	helsäd	rörflen	SEM	P-värde
<b>idissling</b>					
min/dag	598 <sup>a</sup>	529 <sup>c</sup>	582 <sup>b</sup>	15,7	***
min/kg TS	40 <sup>b</sup>	43 <sup>b</sup>	51 <sup>a</sup>	1,4	***
min/kg NDF	68 <sup>b</sup>	79 <sup>a</sup>	78 <sup>a</sup>	2,2	***

TS = torrsbstans; NDF = neutral detergent fibre; SEM = Standard Error Mean; \*\*\*=P<0,001; De värden på en rad som skiljer sig åt signifikant har markerats med olika bokstäver (a,b,c).

## Partikelstorlek i träck

Träck från kor som hade utfodrats med T hade ett lägre innehåll av TS och PDM jämfört med träck från kor som åt H och R. Studien påvisade inga skillnader vid utfodring av T eller R med avseende på partiklar i träck >1 mm eller proportionen av partiklar i siktfraktion 2,36 mm (tabell 5). Utfodring av R resulterade i en större andel av fina partiklar, 0 och 0,106 mm, jämfört med både T och H. En större andel partiklar på såll >1 mm och 2,36 mm påvisades i träck från kor som hade konsumerat H jämfört med T och R. Utfodring av H resulterade i spannmålskärnor på sållet med maskstorlek 2,36 mm. Studien visade att det fanns ett samspel mellan ras och foder för andelen partiklar i träck av storleken 0,106 mm, ( $P < 0,001$ ). Andelen partiklar i träck av storleken 0,106 mm var störst för R följt av G och H för båda raserna men lika för båda raserna när de åt G (25 %) och R (30 %). När korna utfodrades med H var andelen partiklar av storleken 0,106 mm något högre, för charolais (21 %) jämfört med hereford (18 %), dock ej signifikant.

Typvärde, median och den genomsnittliga partikelstorleken i träck uttryckt som APS och GPS för alla fodermedel följdes åt (tabell 5) och resultatet visar att störst partiklar i träck återfanns i träck hos kor som utfodrats med H. Det finns en signifikant skillnad mellan T och R även om de numeriska skillnaderna är små.

**Tabell 5.** Träckegenskaper; andel (%) partiklar i träck för respektive siktfraktion och genomsnittlig partikelstorleksfördelning och medianvärden för dikor som utfodrats med timotej, helsäd samt rörflen som ett medel över två raser (N = 36).

	timotej	helsäd	rörflen	SEM	P-värde
<b>träckegenskaper</b>					
TS (%)	13,3 <sup>b</sup>	14,3 <sup>a</sup>	14,1 <sup>a</sup>	0,2	**
PDM (%)	70,5 <sup>b</sup>	78,1 <sup>a</sup>	74,9 <sup>a</sup>	0,9	***
<b>siktfraktioner (mm)</b>					
>1 (%)	4,0 <sup>b</sup>	9,6 <sup>a</sup>	2,6 <sup>b</sup>	0,5	***
2,36 (%)	0,31 <sup>b</sup>	3,0 <sup>a</sup>	0,18 <sup>b</sup>	0,4	***
1 (%)	3,7 <sup>b</sup>	6,6 <sup>a</sup>	2,3 <sup>c</sup>	0,3	***
0,5 (%)	16,3 <sup>b</sup>	22,5 <sup>a</sup>	12,8 <sup>c</sup>	0,6	***
0,212 (%)	44,1 <sup>a</sup>	39,1 <sup>c</sup>	41,1 <sup>b</sup>	0,5	***
0,106 (%)	24,9 <sup>b</sup>	19,3 <sup>c</sup>	30,0 <sup>a</sup>	0,5	***
0 (bottenskål) (%)	10,6 <sup>b</sup>	9,4 <sup>c</sup>	13,3 <sup>a</sup>	0,4	***
<b>partikelstorleksfördelning (mm)</b>					
typvärde	0,37 <sup>b</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,32 <sup>c</sup>	0,01	***
APS	0,37 <sup>b</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,32 <sup>c</sup>	0,01	***
GPS	0,27 <sup>b</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,23 <sup>c</sup>	0,01	***

median	0,37 <sup>b</sup>	0,50 <sup>a</sup>	0,32 <sup>c</sup>	0,01	***
--------	-------------------	-------------------	-------------------	------	-----

---

TS = torrsubstans; PDM = partikel TS; APS = aritmetriskt medelvärde; GPS = geometriskt medelvärde; NDF = neutral detergent fibre; iNDF = indigestible NDF; <sup>1</sup> = Proportionen av PDM som fanns kvar i påsarna efter tvättning; SEM = standard error mean; \*\* = P<0.05; \*\*\* = P<0.001; De värden som skiljer sig åt signifikant har markerats med bokstäver (a,b,c).

## Diskussion

### Foderintag

I studien påvisades skillnader i dagligt TS-intag när samtliga fodermedel jämfördes. Störst intag sågs när korna åt timotej, följt av helsäd och minst intag för kor som åt rörflen. Likaså påvisades TS-intaget uttryckt som proportion av kroppsvikt och NDF-intaget uttryckt som proportion av kroppsvikt var högst för timotej, följt av helsäd och lägst för rörflen. Grovfodrets smältbarhet och smältbarheten på NDF-fraktionen, det vill säga koncentration av NDF, iNDF och lignin i grovfodret är faktorer som påverkar foderintaget (Mertens, 2002). Rörflen var det fodermedel som innehöll störst andel NDF, men kor som åt rörflen hade inte störst dagligt NDF-intag. Störst dagligt NDF-intag hade kor som åt timotej, vilket antas bero på att de hade större foderintag än när det åt rörflen eller helsäd. Hög koncentration av NDF i fodret leder till längre retentionstid i våmmen, långsammare passagehastighet och reducerat foderintag (Hetta et al. 2007; Roche et al., 2008). Att den högsta koncentrationen av NDF återfanns i rörflen när samtliga fodermedel jämfördes kan förklara varför korna hade ett mindre TS-intag när de utfodrades med rörflen än övriga fodermedel. Minst NDF-intag registrerades hos kor som konsumerade helsäd, vilket kan förklaras av fodrets låga koncentration av NDF. När helsäd skördas vid ett sent mognadsstadium sker inlagring av stärkelse i spannmålskärnan och axandelen ökar på bekostnad av den fiberrika stråandelen, som leder till en minskning av NDF-halten i hela grödan (Rustas, 2009). En hög koncentration av lignin i fodret minskar fodrets smältbarhet och begränsar foderintaget till följd av att fodret upptar plats i våmmen (Moore et al., 1993). Således kan en hög koncentration av lignin i rörflen vara förklaringen till ett lågt foderintag för kor som konsumerade fodret.

iNDF representerar den osmältbara delen av NDF och är resistent mot nedbrytning av mikrober i våmmen (Harrison et al., 2003; Huhtanen et al., 2006). Det är iNDF som är den huvudsakliga faktorn att påverka grovfodrets smältbarhet (Nousiainen et al., 2004). Låg koncentration av iNDF i grovfodret är ett grovfoder med hög smältbarhet, vilket medför ett större foderintag hos kor som konsumerar fodret (McDonald et al., 2002). Timotej hade en betydligt lägre koncentration av iNDF jämfört med övriga fodermedel, vilket troligtvis var en bidragande orsak till ett större foderintag hos kor som åt timotej.

I denna studien (Grovfoder till lågdräktiga dikor med speciellt fokus på fiber och protein) påvisades en överkonsumtion av smb rp för kor som åt timotej eller rörflen när resultatet jämfördes med näringsbehovet till lågdräktiga dikor enligt utfodringsnorm (Spörndly, 2003). I en studie av Arnesson & Salevid (2011) utfodrades lågdräktiga dikor med rörflen och foderhalm i fri tillgång. Även denna studie påvisade att korna som åt foderstaten överkonsumerade råprotein. Enligt Arnesson & Salevid (2012) kan rörflen utfodras i fri tillgång till lågdräktiga dikor utan att en överkonsumtion av råprotein sker. I studien utfodrades lågdräktiga dikor med rörflenshö som hade skördats i slutet av augusti. En lägre råprotein koncentration påvisades i studien av Arnesson & Salevid (2012) jämfört med råproteinhalten i denna studie. Det tyder på att

rörflen som ska utfodras till lågdräktiga dikor bör skördas senare än vad som gjordes i denna studie när målet är att undvika överkonsumtion av protein till lågdräktiga dikor.

Enligt gällande näringsrekommendationer bör dagligt intag av smb rp för kor av rasen charolais i studien vara 356 g per dag och för kor av rasen hereford bör intaget vara 335 g per dag (Spörndly, 2003). När intaget av smb rp för respektive ras och fodermedel (inklusive mängden smb rp från urea i helsäd) jämfördes i förhållande till norm påvisades en överutfodring av smb rp för båda raserna vid utfodring av rörflen (charolais; 171%, hereford; 170%). När korna utfodrades med timotej var det dagliga intaget av smb rp för båda raserna ungefär i enlighet med norm (charolais, 102 %; hereford, 97 %). Överutfodring av råprotein har negativ påverkan på miljön (Butler, 1998), är oekonomiskt för lantbrukaren (Kumm, 2009) och kan medföra hälsoproblem hos kor (Butler, 1998). När korna konsumerade helsäd påvisades däremot en underutfodring av smb rp för både charolais och hereford med 23 % under norm, trots att urea hade tillsatts fodret för att höja koncentrationen av smb rp. Enligt Mertens (1994) minskar foderintaget när koncentrationen av råprotein i fodret understiger 60-80 g/kg TS. Det kan vara anledningen till ett lägre foderintag hos kor som utfodrades med helsäd. Vid underutfodring av råprotein begränsas mikrobernas fermentationsförmåga och digestionsmaterial blir kvar längre tid i våmmen, vilket begränsar foderintaget (Mertens, 1994). Inget av fodermedlen i studien hade en optimal koncentration av råprotein för lågdräktiga dikor. Eftersom kor som utfodrades med timotej och rörflen påvisades överkonsumera råprotein medan kor som utfodrades med helsäd konsumerade för lite protein. Således behöver samtliga fodermedel kompletteras med ett annat fodermedel vid utfodring till lågdräktiga dikor så att kornas proteinbehov uppnås i foderstaten. Enligt Spörndly (2003) innehåller halm 0 gram smb rp och kan därför fungera att blanda in i en foderstat med timotej. Det skulle vara praktiskt möjligt att utfodra halm i ett fodersystem där foder i rundbalar redan används. Halm innehåller höga koncentrationer av lignin som begränsar foderintaget hos kor (McDonald et al., 2002) Eftersom rörflen innehöll en hög koncentration av råprotein så skulle det vara passande att kombinera rörflen och halm för att reducera kornas foderintag och därmed det dagliga intaget av råprotein från rörflen.

TS-intaget ökar med ökad kroppsvikt (Mertens, 2007). I denna studie påvisades att kor av rasen charolais hade ett större foderintag än hereford när samtliga fodermedel jämfördes i kg TS per dag. I studien hade kor av rasen charolais en högre kroppsvikt än herefordkor. Enligt Spörndly (2003) har tyngre kor ett högre näringsbehov och således ett högre foderintag än mindre kor. Inga skillnader påvisades emellertid mellan kor av rasen charolais och hereford när dagligt TS-intag uttrycktes som proportion av kroppsvikt. Ett större foderintag hos dikor av tunga köttträs medför en högre foderkostnad jämfört med dikor av lättare ras. Tunga raser har en högre kroppsvikt, ett högre slaktutbyte samt bättre klassning än lätta raser, vilket medför högre slaktintäkter jämfört med lätta raser. Dessutom avvänjer tyngre dikor genomsnittligen större kalvar än dikor av lätta ras. När beräkningar genomförts med avseende på foderkostnader och slaktintäkter för dikor av tunga respektive lätta raser, påvisas att dikor av tung ras ger en bättre nettointäkt än lättare kor trots större foderåtgång (Gård&djurhälsan, 2017).

## Idisslingstid

För samtliga fodermedel i studien var den totala dagliga idisslingstiden inom spannet 8-16 timmar. Detta resultat tyder på att korna i studien hade en väl fungerande våm under försöksperioden (Nørgaard, 2003a).

Idisslingstiden hos mjölkkor har påvisats öka när dagligt TS-intag ökar (Nørgaard, 2003b). Korna i studien som utfodrades med timotej påvisades ha de längsta dagliga idisslingstiderna,



vilket antas bero på att kor som åt timotej hade högst dagligt foderintag. Medan kor som konsumerade helsäd hade de kortaste dagliga idisslingstiderna, vilket troligtvis hade påverkats av ett lågt dagligt foderintag för kor som konsumerade fodret. När idisslingstiden per kg TS jämfördes upptäcktes inga skillnader mellan timotej och helsäd trots att fodermedlens egenskaper skiljer sig en del åt. Medan kor som hade utfodrats med rörflen idisslade väsentligt många fler minuter per kg TS. Dock var foderintaget för kor som konsumerade rörflen lägre än för övriga fodermedel. Fodermedel med hög koncentration av fiber i fodret och högt NDF-intag hos kor som konsumerar fodret leder till längre idisslingstider (Nørgaard, 2003b; Oba & Allen, 2000). Att idisslingstiden per kg TS var längre hos kor som konsumerade rörflen beror troligtvis inte på ett lägre foderintag utan mer troligt på ett högt NDF-intag samt högre innehåll av både NDF och iNDF per kg TS i fodret. Kor som konsumerade helsäd påvisade kortare dagliga idisslingstider än för kor som hade konsumerat rörflen. Det beror troligtvis på att helsäd innehöll lägre koncentration av NDF än rörflen och fodret behövde därför inte tuggas lika intensivt.

I en studie av DeBoever *et al.* (1990) observerades att ett kg NDF från ett tidigt skördat gräsenilage inte stimulerade idissling i samma grad som ett kg NDF från ett sent skördat gräsenilage, vilket indikerar att idisslingsaktiviteten påverkas av fiberns kvalitet. I denna studie (Grovfoder till lågdräktiga dikor med speciellt fokus på fiber och protein) påvisades högst dagligt NDF-intag hos kor som ätit timotej jämfört med rörflen och helsäd. Idisslingstiden per kg NDF var dock kortast för kor som åt timotej. En anledning kan vara att koncentrationen av iNDF var lägre i timotej än för övriga fodermedel och medförde att det var lättare att bryta ned fodret för korna som åt det. Den dagliga idisslingstiden var längre och intaget av NDF var högre när korna konsumerade timotej än när de fick rörflen. Även Van Soest (1994) konstaterar att ökat NDF-intag via foder ökar daglig idisslingstid men att det reducerar idisslingstiden per enhet NDF (Van Soest, 1994).

Enligt Jalali (2011) medför grovfoder med hög koncentration av lignin längre daglig idisslingstid. Således kan längre idisslingstider för kor som hade konsumerat rörflen jämfört med helsäd bero på högre koncentration av lignin.

I denna studie (Grovfoder till lågdräktiga dikor med speciellt fokus på fiber och protein) påvisades hela spannmålskärnor i träck när korna hade konsumerat helsäd. Fodermedel av typen helsäd innehåller spannmålskärnor som ökar i hårdhet allteftersom grödan mognar. Kor har svårt att tugga hela spannmålskärnor (Rustas, 2009).

Djurets kroppsstorlek påverkar idisslingstiden och små idisslare har påvisats ha kortare idisslingstider per kg TS än nötkreatur med en större kroppsstorlek (Jalali, 2015). I denna studie kunde emellertid inga skillnader i idisslingstider mellan kor av rasen charolais och hereford påvisas, vilket kan bero på att det inte var tillräckligt stora skillnader i kroppsvikt mellan raserna.

De analyserade idisslingstiderna från data insamlad med RuminAct™ påvisades vara kortare än för beräknat idisslingsindex. De formler som används vid beräkning av idisslingsindex är baserade på data från mjölkkor. Detta innebär att beräkningar har gjorts på en annan typ av djurmaterial samt foderstat än vad som ingick i denna studie. Det kan vara en förklaring till att idisslingstiderna som registrerades av RuminAct™ var kortare än beräknade idisslingstider. Vid en validering av mätinstrumentet påvisades att RuminAct™ tenderar att underskatta idisslingstiden (Jardstedt, 2013). Eftersom förhållandena, mellan fodermedlen och idisslingstiderna som uppmätts med RuminAct™ och idisslingsindex följdes åt, så kan RuminAct™ antas stämma.

## Partikelstorlek i träck

Storleken på partiklar i träck påverkas av tiden korna idisslar (Jalali, 2011). För kor som hade konsumerat helsäd påvisades väsentligt mycket kortare dagliga idisslingstider och en större genomsnittlig partikelstorlek i träck än för övriga fodermedel. I studien konstaterades att det fanns hela spannmålskärnor i träck från kor som hade utfodrats med helsäd. Spannmålskärnor i träck indikerar hårda kärnor (Varga, 2003) som är svåra att tugga för kon (Rustas, 2009). Närvaro av spannmålskärnor i träck från kor som ätit helsäd kan förklara att den genomsnittliga partikelstorleken och andelen partiklar >1 mm var högre för helsäd jämfört med övriga fodermedel. Spannmålskärnorna antas ha en högre vikt än övriga partiklar i träck och därför påverka resultatet. Eftersom sållet med masköppning 2,36 mm innehöll spannmålskärnor bedöms parametern inte rättvisande för helsäd vid jämförelse med övriga fodermedel. För att få ett mer jämförbart resultat hade det varit intressant att genomföra samtliga beräkningar efter att ha separerat spannmålskärnorna från fiberpartiklarna. Vid jämförelse av siktfraktioner från såll med masköppning mindre än 2,36 mm men större än 0,5 mm påvisades att träck från kor som ätit helsäd hade flest stora partiklar och lägst andel små partiklar när fodermedlen jämfördes. Partikelstorlek i träck återspeglar storleken av partiklar som lämnar våmmen (Ulyatt et al., 1986) och partiklar i träck utgörs av partiklar som inte har brutits ned av djuret. Anledningen till att det fanns fler stora partiklar i träck hos kor som åt helsäd kan bero på en kortare idisslingstid. En kortare idisslingstid medför en låg mekanisk nedbrytning av cellväggarna i fodret och exponeringen av iNDF för mikroberna i våmmen minskar. Således passerar fler stora partiklar våmmen och ut i träcken.

Ett ökat foderintag kan leda till högre passagehastighet, sämre våmfunktion och reducerad mikrobiell fermentation (McDonald et al., 2002), vilket leder till en ökad andel stora partiklar i träck. Kor som hade konsumerat timotej hade högst dagligt foderintag, vilket antas vara anledningen till högre genomsnittlig partikelstorlek i träck hos kor som ätit timotej än för kor som ätit rörflen.

En stor andel NDF i grovfodret leder till ökat PDM i träck (Jalali, 2011). Närvaro av spannmålskärnor i träck hos kor som hade konsumerat helsäd påverkade sannolikt att PDM var störst för helsäd trots att fodret innehöll lägst andel NDF.

En stor andel NDF i grovfodret leder till ökad genomsnittlig partikelstorlek i träck till följd av att andelen små partiklar i träck ökar (Jalali, 2015). Rörflen var det fodermedel som innehöll högst koncentration NDF men till skillnad från studien av Jalali (2015) hade kor som hade ätit fodermedlet lägst genomsnittlig partikelstorlek i träck. Således antas andra faktorer ha påverkat att kor som hade ätit rörflen bröt ned NDF till mindre partiklar än vid konsumtion av övriga fodermedel. En stor andel lignin i grovfodret leder till större andel stora partiklar och medelstora partiklar i träck och att den genomsnittliga partikelstorleken, torrsubstansen och PDM i träck ökar (Jalali, 2015). Högst koncentration av lignin återfanns i rörflen som också var det fodermedel som hade störst andel små partiklar och lägst genomsnittlig partikelstorlek i träck när fodermedlen jämfördes. Enligt Harrison et al. (2003) och Huhtanen et al. (2006) är lignin resistent mot nedbrytning av mikrober i våmmen. Koncentrationen av lignin i fodret bestämmer smältbarheten på NDF (Van Soest, 1994) och begränsar fodrets smältbarhet (Nadeau, 2001). Att störst andel små partiklar återfanns i träck hos kor som konsumerat rörflen jämfört med övriga fodermedel beror således inte på koncentrationen av lignin eller NDF i fodermedlet. Det kan vara så att de kemiska bindningarna mellan kolhydrater (cellulosa, hemicellulosa) och lignin i cellväggarna i rörflen är lättare för mikroberna i våmmen att bryta ned till mindre partiklar än för övriga fodermedel i studien. I denna studie har ingen litteratur granskats gällande bindningarna mellan lignin och kolhydrater i cellväggen och hur dessa påverkar smältbarheten på

grovfoder. Längre idisslingstider till följd av högt innehåll av lignin medför större andel små partiklar i träck (Jalali, 2015). I denna studie påvisades längre idisslingstider per kg TS och NDF hos korna som ätit rörflen jämfört med korna som konsumerat timotej. Det kan vara en förklaring till varför träcken hos kor som åt rörflen innehöll en större andel små partiklar jämfört med korna som åt timotej.

## Slutsatser

- Grovfoder med högt fiberinnehåll reducerar foderintaget hos lågdräktiga dikor.
- Lågdräktiga dikor som konsumerar ensilage av timotej eller rörflen överutfodras med protein medan utfodring av helsäd av havre leder till underutfodring av protein.
- Ett grovfoder som innehåller en hög koncentration av fiber av låg kvalitet, det vill säga en hög koncentration av lignin och/eller iNDF, leder till långa idisslingstider per kg TS hos lågdräktiga dikor.
- Ett högt foderintag hos lågdräktiga dikor leder till fler stora partiklar i träck.
- Lågdräktiga dikor som utfodras med ett grovfoder med hög koncentration av lignin, idisslar längre tid per kg TS och per kg NDF intag samt har en större andel små partiklar i träcken än dikor som utfodras med grovfoder av lägre ligninhalt.
- Dikor av tung ras har ett större dagligt foderintag än dikor av lättare ras.



## Referenser

- Aikman, P.C., Reynolds, C.K., Beaver D.E. 2008. Diet digestibility, rate of passage and eating and rumination behavior of Jersey and Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 91. 1103–1114.
- Allen, M.S. 1997. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *Journal of Dairy Science*. 1447-1442.
- Andersson, S. 1968. Röbbäcksdalen meddelar. 1969:9. Rapport från Norrlands lantbruksförsöksanstalt. Umeå.
- AOAC International. 2012. *Official Methods of Analysis*. 19th Edition.
- ARC. 1980. *The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock*, Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough.
- Arnesson, A., Salevid, P. 2011. Dikalvsproduktion på två gårdar i Västsverige. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för husdjurens miljö och hälsa. Rapport 30.
- Arnesson, A., Salevid, P. 2012. Rörflen som foder till dikor under lågdräktighet. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för husdjurens miljö och hälsa. Rapport 35.
- Bae, D.H., Welch, J.G., Gilman, B.G. 1983. Mastication and rumination in relation to body size of cattle. Department of Animal Sciences University of Vermont Burlington. *Journal of Dairy Science*. 66, 2137-2141.
- Ball, D., Collins, M., Lacefield, G.P., Martin, N.P., Mertens, D.A., Olson, K.E., Putnam, D.H., Undersander, D.J., Wolf, M.W. 2001. *Understanding forage quality*. American Farm Bureau Federation Publication 1-01, Park Ridge, IL.
- Barnes, R.F., Jerry, Nelson, C., Fick, G.W. 2007. Terminology and classification of forage plants. *Forages- the science of grassland agriculture*. 6. Iowa. Blackwell publishing. 3-14.
- Butler, W.R. 1998. Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 81, 2533-2539.
- Cherney, J.H. 1982. Small grain crop forage potential. Biological and chemical determinants of quality and yield. *Crop Science*, 22, 227-231.
- Crovetto, G.M. Galassi, G.L. Rapetti, L., Sandrucci, A. Tamburini, A. 1998. Effect of the stage of maturity on the nutritive value of whole crop wheat silage. *Livest. Prod. Sci.* 55, 21-32.
- Dahlberg, M., Jarander, A. 2008. Vinterutfodring till ekologiska dikor- en dokumentation från sju Östgötagårdar. LG Husdjurstjänst.
- De Boever, J.L., Andries, J.I., De Brabander, D.L., Cottyn, B.G., Buysse, F.X. 1990. Chewing activity of ruminants as a measure of physical structure: A review of factors affecting it. *Anim. Feed. Sci. Technol*, 27, 281–291
- Dulphy, J.P., Van Os, M. 1996. Control of voluntary intake of precision-chopped silages by ruminants. *Reproduction Nutrition Development* 36 (2), 113-135.
- Domingue, B.M.F., Dellow, D.W., Barry, T.N., 1991. Voluntary intake and rumen digestion of a low-quality roughage by goats and sheep. *J. Agric. Sci.* 117, 111–120.

- El-Bassam, N. 1998. Energy plant species: Their use and impact on environment and development. James and James Science Publ. London.
- Fales, S.L., Fritz, J.O. 1994. Factors affecting forages quality. Forages- the science of grassland agriculture. 6. Iowa. Blackwell publishing. 569-580.
- Forbes, J.M. 1980. Hormones and metabolites in the control of food intake. 145-160. i Digestive physiology and metabolism in ruminants. Ruckebusch, Y., Thived, P. eds. Westport, Conn: pub AVI Publish.
- Garnsworthy, P.C., Stokes, D.T. 1993. The nutritive value of wheat and oat silages ensiled on three cutting dates. The Journal of Agricultural Science, 121, 233-240.
- Harrison, J., Huhtanen, P., Collins, M. 2003. Perennial grasses. Silage Science and Technology. Agron. Monogr., 42, 665-747.
- Hatfield, R.D., Jung, H-G., Broderick, G., Jenkins, T.C. 2007. Nutritional Chemistry of Forages. Forages- the science of grassland agriculture. 6. Iowa. Blackwell publishing. 467-486.
- Hetta, M., Cone J.W., Bernes, G., Gustavsson A-M., Martinsson, K. 2007. Voluntary intake of silages in dairy cows depending on chemical composition and in vitro gas production characteristics. Livestock Science, 106, 47-56.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J., Rinne, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. Agric. Food Sci., 293-323.
- Illius, A.W., Gordon, I.J. 1991. Prediction of intake and digestion in ruminants by a model of rumen kinetics integrating animal size and plant characteristics. The Journal of Agricultural Science, 116, 145-157.
- Jalali, A. R. 2011. Effect of animal and dietary characteristics on chewing activity, particle size distributions and dimensions in faeces from four ruminating species, i.e., goats, sheep, llamas, and cattle. Köpenhamn: Faculty of life sciences, University of Copenhagen.
- Jalali, A.R., Weisbjerg, M.R., Nadeau, E., Randby, Å.T., Rustas, B.-O., Eknæs, M., Nørgaard, P. 2015. Effects of forage type, animal characteristics and feed intake on faecal particle size in goat, sheep, llama and cattle. Köpenhamn: Faculty of life sciences, University of Copenhagen.
- Jardstedt, M., Norgaard, P., Nadeau, E. and Hessle, A. 2013. Valitation of the RuminAct™ system for monitoring rumination in two breeds of beed cows. Book of abstracts of the 64th annual meeting of the European federation of animal Science. No 19, Nantes, France, p 149.
- Jamieson, A. 2010. Nötkött. Natur & Kultur. Stockholm.
- Kennedy, P.M. 2005. Particle dynamics. Dijkstra J.M.J., Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. UK: Eds. CAB int. Wallingford Oxon. 123-156.
- Kennely, J.J., Weinberg, Z.G. 2003. Small grain silage. Silage Science and Technology, Agronomy 42, ed. Buxton D.R., Muck R.E., Harrison J.H. Madison, Wisconsin. 141-198.
- Kornfeldt, L.F., Weisbjerg, M.W., Nørgaard, P. 2012. Effect of harvest time and physical form of alfaalfa silage on chewing time and particle size distribution in boli, rumen content and faeces. Köpenhamn, Danmark: The Animal Consortium. Animal, 1-13

- Krizsan, S.J., Randby, Å.T. 2006. The effect of fermentation quality on the voluntary intake of grass silage by growing cattle fed silage as the sole feed. *Journal of Dairy Science*. 85, 984-996
- Kumm, K-I. 2003. Nitrogen pollution from Swedish beef production based on suckle-cows. *Water air and soil pollution*, Swedish University of Agricultural Sciences, Skara. 145, 239-252.
- Kumm, K-I. 2009. Cost of roughage production to beef cattle. Report no. 23. Dept. of Animal Environment and Health, Swedish University of Agricultural Sciences, Skara.
- Landström, S., Wik, M. 1997. Fakta markväxter. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Larsson, K., Bengtsson, S. 1983. Bestämning av lättillgängliga kolhydrater i växtmaterial.(SLL metod 22). Metodrapport nr 22.
- Lewandowski, I.J. 2003. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass Bioenergy*, 25, 335-361.
- Lengerken von, J., Zimmermann, K. 1991. *Handbuch Futtermittelprüfung*. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 1. Auflage.
- Lindgren, E. 1983. Ny kalibrering av VOS-metoden för bestämning av energivärde hos vallfoder. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Manninen, M., Aronen, I., Huhta, H. 2000. Effect of feeding level and diet type on the performance of crossbred suckle cows and their calves. *Agricultural and food science in Finland*.
- Martinsson, K. 1991. Köttproduktion. Nötkött. LT:s förlag, Stockholm.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. 2002. *Animal Nutrition*. Pearson education limited, Essex, UK. 6:e upplagan.
- Mertens, D.R. 1994. Forage Quality, Evaluation, and Utilization -Regulation of forage intake. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. 450-493.
- Mertens, D.R. 1997. Creating a System for meeting the fiber requirements of dairy cows. Madison, USA: US Dairy Forage Research Center.
- Mertens, D.R. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated Neutral Detergent Fiber in feeds with refluxing in beakers or crucible: collaborative study, *J AOAC, Inter*. 85, 1217-1240.
- Mertens, D.R. 2007. Digestibility and Intake. Forages- the science of grassland agriculture. 6. Iowa. Blackwell publishing. 487-507.
- Moore, K.J., Vogel K.P., Hopkins, A.A., Pedersen, J.F., Moser, L.E. 1993. Improving the digestibility of warm-season perennial grasses. *Proc. XVI International Grassland Congr*. 447-448.
- Moughan, P.J., Verstegen, M.V.A., Visser-Reynerveld, M.I. 2000. *Feed evaluation principles and practice*. Wageningen, Nederländerna.
- Nadeau, E. 2001. Satsa på fiberkvalitet! Svensk Mjölks Djurhälso- och utfodringskonferens, 21-23 augusti, Linköping, Sweden. 41-45.

- Nadeau, E. 2007. Effects of plant species, stage of maturity and additive on the feeding value of whole-crop cereal silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 789-801.
- 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, Sveriges lantbruksuniversitet, Skara.
- Norrman, E. 1977. Nötkött: Produktion och ekonomi. LT:s förlag. Stockholm.
- Nousiainen, J., Ahvenjärvi, S., Rinne, M., Hellämäki, M., Huhtanen, P. 2004. Prediction of indigestible cell wall fraction of grass silage by near infrared reflectance spectroscopy. *Anim. Feed Sci. Technol.* 115, 295–311.
- Nousiainen, J., Rinne, M., Hellämäki, M., Huhtanen, P. 2003. Prediction of the digestibility of the primary growth and regrowth grass silages from chemical composition, pepsin-cellulase solubility and indigestible cell wall content. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 110, 61–74.
- NRC. 2000. Nutrient Requirements of beef cattle: Seventh revised edition: Updaterad 2000. Washington, D.C.: National Academy Press, 234.
- Nørgaard, P. 1983. Fodermidlernes karakteristika. Fysisk struktur. Østergaard, V. & Neimann-Sørensen, A. (eds). Optimala foderrationer til malkekoen. Foderværdi, foderoptagelse, omsætning og produktion. 551. Beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg. 3, 37-44.
- Nørgaard, P. 2003a. Tyggetid som mål for foderets fysiske struktur. Torben Hvelplund & Peder Nørgaard (Ed.), kap. 17, Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1- Næringsstofomsætning og fodervurdering. DJF rapport, Husdyrbrug nr. 53, 489-509.
- Nørgaard, P. 2003b. Optagelse af foder og drøvtygning. Kvægets ernæring og fysiologi. Hvelplund, T., Nørgaard, P. Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering. DJF Rapport, Husdyrbrug nr. 53.
- Nørgaard, P. 2006. Use of image analysis for measuring particle size in feed, digesta and faeces. Ruminant physiology: digestion, metabolism and impact of nutrition on gene expression, immunology and stress. K. Sejrsen, T. Hvelplund, M.O. Nielsen. København, Wageningen Academic Publishers. 579-585.
- Nørgaard, P., Nadeau, E., Nordquist, M. 2007. Distribution of particle size in manure from cattle: barn sieving. *Nordic assoc. Agric. sci.* 3, 293-294.
- 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., Nadeau, E., Randby, Å., Volden, H. (2011) Chewing index system for predicting physical structure of the diet. *NorFor - The Nordic feed evaluation system*. Vol. 30 of the series EAAP – European Federation of Animal Science. 127-132.
- Oba, M., Allen, M.S. 2000. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 2. Chewing activities. *J. Dairy Sci.* 83, 1342–134.
- Olsson, R. 2008. Mångfaldsmarker. Naturbetesmarker – en värdefull resurs. HagmarksMISTRA/Centrum för biologisk mångfald. AlfaPrint, Solna. ISBN 978-91-89232-29-7.



- Pålson, T. 1973. Bestämning av råproteinets smältbarhet i vallfoder. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Poppi, D.P. 1980. The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. *J. Agric. Sci.* 94, 275-280.
- Roche, J.R., Blache, D., Kay, J.K. Miller, D.R. Sheahan A.J., Miller, D.W. 2008. Neuroendocrine and physiological regulation of intake with particular reference to domesticated ruminant animals. *Nutr. Res. Rev.* 21, 207–234.
- Rustas, B-O. 2009. Whole-Crop Cereals for growing cattle - Effects of Maturity stage and chopping on intake and utilisation. Faculty of veterinary medicine and animal Science. Department of Animal Environment and Health. Swedish University of Agricultural Sciences. Skara.
- Rustas, B-O., Bertilsson, J., Martinsson, K., Nadeau, E. 2014. Intake and digestion of whole-crop barley and wheat silages by dairy heifers. *J Animal Sci.* 89, 4134-4141.
- Rustas, B-O., Nørgaard, P., Jalali, A., R. Nadeau, E. 2010. Effects of physical form and stage of maturity at harvest of whole-crop barley silage on intake, chewing activity, diet selection and faecal particle size of dairy steers. *Animal* 4 (1). 67-75.
- Salevid, P., Kumm, I. 2012. Vägar till lönsamma och växande företag med dikobaserad nötköttsproduktion. Institutionen för husdjurens miljö och hälsa Sveriges lantbruksuniversitet. Rapport 33.
- Sanderson, M.A., Martin, N.P., Adler, P. 2007. Biomass, Energy, and Industrial uses of forages. Forages- the science of grassland agriculture. 6. Iowa. Blackwell publishing. 635-647.
- Spörndly, R. 2003. Fodertabeller för idisslare. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Sveriges lantbruksuniversitet. Rapport 257, Uppsala.
- Stenberg, H. 2006. Att börja med dikor. Taurus köpträdgivning AB.
- Sällvik, K. 1992. Husdjurens termiska närmiljö. Institutionen för lantbruksteknik, Avd. för byggnadsvetenskap. Undervisningskompendium. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Südekum, K.T., Taube, F., Friedel, K. 1991. Feed value of whole crop silage related to changes in crude protein content, cell wall carbohydrates and nutrient value of leaves, stems, and ears during growth of wheat. *Wirtschaftseigene Futter.* 37(3). 313-33.
- Tilley, J., Terry, R. 1964. A two-stage technique for the in vivo digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society.* 18. 104-111.
- Törnqvist, M. 2008. Nötkreatur på bete. *Jordbruksinformation* 11, Jordbruksverket.
- 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.
- Vaage, A.S., Shelford, J.A., Moseley, G. 1984. Theoretical basis for the measurement of particle length when sieving elongated feed particles. 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*. 2nd ed. Ithaca, NY, USA, Cornell University Press.

Van Soest P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* .74. 3583–3597.

Varga, G.A. 2003. Can manure evaluation diagnose areas for improvement in ration formulation, management and health? Pennsylvania State University, Department of Dairy and Animal Science. 324 Henning Bldg, University Park, PA 16802, US.

Webster, A.J.F. 1989. Bioenergetics, bioengineering and growth. *Anim. Prod.* 48, 249-269.

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.

Weiss, K., Kaiser, E. 1995. Milchsäurebestimmung in silageextrakten mit Hilfe der HPLC. *Das wirtschaftseigene Futter* 41, 69-80.

Weiss, K. 2001. Gärungsverlauf und Gärqualität von Silagen aus Nitratarmem Grünfütter. Dissertation. Humboldt-Universität zu Berlin.

Åkerlind, M., Weisbjerg, M., Eriksson, T., Togersen, R., Udén, P., Olafsson, B.L., Harstad, O. M., Volden, H. 2011. Feed analyses and digestion methods. Norfor- the Nordic Feed Evaluation System. *Nederländerna, Academic Publishers, Wageningen*, 41-54.

### *Personliga meddelanden*

Nørgaard, P. (2013-08-15). Personligt meddelande. Köpenhamns universitet. Köpenhamn.

### **Internetkällor**

Gård&djurhälsan.(2017-01.12) Tillgänglig:<http://www.gardochdjurhalsan.se/sv/not/kunskapsbank/ekonomi-och-marknad/vad-ar-lonsamt-tunga-eller-latta-kor/>. [2015-10-02].

NorFor. (2016-04-15). Tillgänglig: <http://www.norfor.info>. [2016-01-01].

Statistiska centralbyrån (SCB). (2017-01-31). Antal husdjur av olika slag 1980-2016. Tillgänglig:[http://www.scb.se/sv/\\_Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Jord--och-skogsbruk-fiske/Amnesovergripande-statistik/Allman-jordbruksstatistik/37548/37555/37589/](http://www.scb.se/sv/_Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Jord--och-skogsbruk-fiske/Amnesovergripande-statistik/Allman-jordbruksstatistik/37548/37555/37589/) [2017-02-13].



## Bilaga 1.

**Tabell 1.** Huvudeffekt av foder (medel över två raser och tre perioder) och ras (medel över tre foder och tre perioder) samt effekt av samspel mellan foder och ras på dagligt intag av TS, NDF, iNDF, rp och smältbart smb rp och least squares means (LST) (N=36).

foder	hereford			charolais			SEM	P-värde foder*ras	P-värde <sup>1,2</sup> foder	P-värde <sup>1,2</sup> ras
	T	H	R	T	H	R				
<b>intag</b>										
<b>TS (kg/dag)</b>	14,2	11,7	11,1	15,5	13,0	11,9	0,19	(*)	***	***
<b>NDF (kg/dag)</b>	8,4	6,4	7,2	9,2	7,0	7,8	0,11	ns	***	***
<b>iNDF (kg/dag)</b>	1,9 <sup>e</sup>	2,3 <sup>c</sup>	2,3 <sup>c</sup>	2,1 <sup>d</sup>	2,6 <sup>a</sup>	2,5 <sup>b</sup>	0,03	*	***	***
<b>rp (kg/dag)</b>	1,2	0,5	1,3	1,3	0,6	1,4	0,02	(*)	***	**
<b>smb rp (g/dag)</b>	660 <sup>d</sup>	134 <sup>e</sup>	903 <sup>b</sup>	720 <sup>c</sup>	148 <sup>e</sup>	964 <sup>a</sup>	11	*	***	**

T= Timotej; H= helsäd; R= rörflen; TS= torrsbstans; NDF= Neutral Detergent Fiber; iNDF= indigestible Neutral Detergent Fiber; rp= råprotein; smb rp; smältbart råprotein; SEM= Standard Error Mean; (\*)= tendens (0.05 < P < 0,1) \*= P < 0,05; \*\*\*= P < 0,001; <sup>1</sup>= huvudeffekt av ras; <sup>2</sup>= huvudeffekt av behandling; <sup>3</sup>=samspelseffekt mellan ras och foder. Vid samspelseffekt har värden som är signifikant skilda markerats med olika bokstäver (a - e).

Vid **Institutionen för husdjurens miljö och hälsa** finns tre publikationsserier:

- \* **Avhandlingar:** Här publiceras masters- och licentiatavhandlingar
- \* **Rapporter:** Här publiceras olika typer av vetenskapliga rapporter från institutionen.
- \* **Studentarbeten:** Här publiceras olika typer av studentarbeten, bl.a. examensarbeten, vanligtvis omfattande 7,5-30 hp. Studentarbeten ingår som en obligatorisk del i olika program och syftar till att under handledning ge den studerande träning i att självständigt och på ett vetenskapligt sätt lösa en uppgift. Arbetenas innehåll, resultat och slutsatser bör således bedömas mot denna bakgrund.

Vill du veta mer om institutionens publikationer kan du hitta det här: [www.slu.se/husdjurmiljohalsa](http://www.slu.se/husdjurmiljohalsa)

**DISTRIBUTION:**

Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för veterinärmedicin och  
husdjursvetenskap  
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa  
Box 234  
532 23 Skara  
Tel 0511–67000  
**E-post: [hmh@slu.se](mailto:hmh@slu.se)**  
**Hemsida:**  
**[www.slu.se/husdjurmiljohalsa](http://www.slu.se/husdjurmiljohalsa)**

*Swedish University of Agricultural Sciences  
Faculty of Veterinary Medicine and Animal  
Science  
Department of Animal Environment and Health  
P.O.B. 234  
SE-532 23 Skara, Sweden  
Phone: +46 (0)511 67000  
**E-mail: [hmh@slu.se](mailto:hmh@slu.se)**  
**Homepage:**  
[www.slu.se/animalenvironmenthealth](http://www.slu.se/animalenvironmenthealth)*