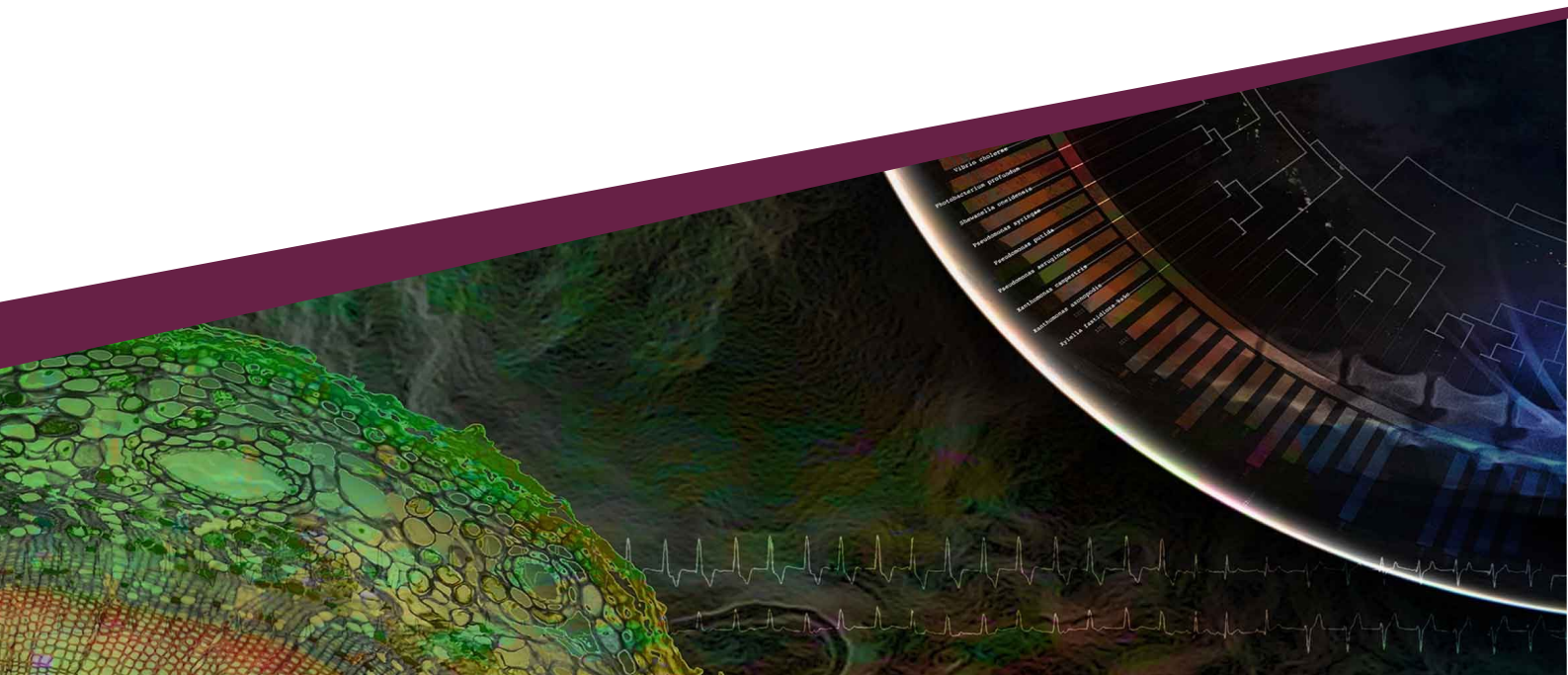




Vallen i nordiskt perspektiv

- En kunskapssammanställning

David Parsons, Elisabet Nadeau, Dannylo Sousa, Magdalena Åkerfeldt, Gun Bernes, Per Hansson, Birgitta Åhman, Cecilia Palmborg, Valentin Picasso, Brooke Micke, Martin Knicky, Katarina Arvidsson Segerkvist, Sanna Bergqvist, Bengt-Ove Rustas, Mårten Lidfeldt, Sebastian Remvig, Johanna Wallsten



Vallen i nordiskt perspektiv.

David Parsons, SLU, Institutionen för växtproduktionsekologi

Elisabet Nadeau, SLU, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Dannylo Sousa, SLU, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Magdalena Åkerfeldt, SLU, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Gun Bernes, SLU, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Per Hansson, SLU, Institutionen för människa och samhälle

Birgitta Åhman, SLU, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Cecilia Palmborg, SLU, Institutionen för växtproduktionsekologi

Valentin Picasso, University of Wisconsin-Madison, växt- och ekosystemvetenskap

Brooke Micke, SLU, Institutionen för växtproduktionsekologi

Martin Knicky, RISE, Institutionen för jordbruk och livsmedel

Katarina Arvidsson Segerkvist, SLU, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa

Sanna Bergqvist, SLU, Institutionen för växtproduktionsekologi

Bengt-Ove Rustas, SLU, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Mårten Lidfeldt, Mårten Lidfeldt AB

Sebastian Remvig, SLU, Institutionen för människa och samhälle

Johanna Wallsten, Länsstyrelsen Norrbotten

Redaktörer: David Parsons, Katarina Arvidsson Segerkvist, Dan-Axel Danielsson

Utgivare: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi

Utgivningsår: 2025

Utgivningsort: Umeå, Sverige

DOI: <https://doi.org/10.54612/a.3eue4bbnhd>

Nyckelord: Foder, gräsmark, klimatanpassning, nordiskt, vall.

© 2025 David Parsons, Elisabet Nadeau, Dannylo Sousa, Magdalena Åkerfeldt, Gun Bernes, Per Hansson, Birgitta Åhman, Cecilia Palmborg, Valentin Picasso, Brooke Micke, Martin Knicky, Katarina Arvidsson Segerkvist, Sanna Bergqvist, Bengt-Ove Rustas, Mårten Lidfeldt, Sebastian Remvig, Johanna Wallsten

Detta verk är licenserat under CC BY 4.0. Andra licenser eller upphovsrätt kan gälla för illustrationer.

Sammanfattning

Projektet gick ut på att göra en populärvetenskaplig kunskapssammanställning om odling av vall och användning av vallfoder till djur. Målgruppen är lantbruksnäringen i Sverige. Projektet hade fyra delar (WP); växtodling, skörd och konservering, fodervärde till olika djurslag och ekonomi. Inom varje WP utvecklades söksträngar för att finna relevanta artiklar, kriterier för inkludering definierades och en databas för varje WP skapades genom sökning i online-databaser. Varje utvald artikel bedömdes först utifrån titeln (inkludera eller exkludera), för det andra efter läsning av sammanfattningen och för det tredje utifrån läsning av artikeln. Sammanställningen har därmed resulterat i en omfattande lista med litteratur relaterad till produktion och användning av vall, en beskrivning av de viktigaste fynden samt förslag för framtida forskning.

Summary

The project involved creating a popular scientific review of the cultivation and use of leys for livestock. Target groups are the agricultural sector and industry. The project had four work packages (WP): crop production, harvest and conservation, feed value for different animals, and economy. Within each work package, search strings were developed and inclusion criteria defined, and a database for each WP developed through searching in online databases. Each selected article was assessed first on the title (include or exclude), second based on reading the abstract, and third based on reading the article. The review provides an extensive list of literature related to ley production and use, a description of the most important findings, and suggestions for future research.

Populärvetenskaplig rapport

Gräsmarker spelar en viktig roll för att säkra en hållbar framtid för jordbruket i hela världen. De behövs både som foder för idisslare och för att tillhandahålla ekosystemtjänster, såsom att öka jordens mullhalt, förbättra markens bördighet, fixera kväve i atmosfären, minska användningen av bekämpningsmedel och öka den biologiska mångfalden. En utmaning för vallproduktionen i framtiden är att behålla den ekologiska hållbarheten och samtidigt förbättra avkastning och kvalitet i ett förändrat klimat.

Ett projekt har genomförts med syfte att skapa en översikt av relevant nationell och internationell forskning om vall som foder till idisslare (nötkreatur, får och ren) och grisar i Sverige, med lantbrukare, rådgivare och andra intressenter inom näringen i åtanke. Ett annat syfte var att identifiera kunskapsluckor inom de olika ämnesområdena. Projektet har utmynnat i en rapport och arbetet finansierades av Stiftelsen Lantbruksforskning.

Sammanställningen omfattar endast skördad vall, inte bete, inom forskningsområdena växtodling, skörd och konservering, fodervärde för djur samt ekonomi. En systematisk kartläggningsmetod användes för att hitta relevanta vetenskapliga artiklar och rapporter. Inom vart och ett av de utvalda ämnesområdena utvecklades sökord och kriterier definierades för om en artikel skulle tas med eller inte. Utvärderingen omfattar fält- och stallförsök av hög kvalitet som genomförts i Norden och Baltikum från år 2000 fram till dess att projektet inleddes i slutet av 2021. Några viktiga slutsatser nämns nedan.

Odling av grovfoder börjar med artval, som utvecklas med växtförädling. Att vara alltför beroende av ett litet antal arter är i sig riskabelt. Med ett förändrat klimat ökar risken för sjukdomar, skadeinsekter och ogräs, tillsammans med abiotiska faktorer såsom ökad förekomst av isbränna eller minskad vattentillgång. I rapporten utpekas vikten av mångfald, och ytterligare forskning behövs för att utveckla och utvärdera alternativa arter som kan klara dessa utmaningar, med fokus på foderkvalitet, näringseffektivitet och motståndskraft. Gödsling är nödvändig för att ersätta näringsämnen som förs bort med sålda produkter från gården. Nivåerna för mineralgödsel bör baseras på markkartering av makronäringsämnen, stallgödseltillgång och kvävefixering av baljväxter. Att undvika markpackning är viktigt. Kalkning och bevattning är ibland nödvändigt men rätt artsammansättning för gårdens förhållanden är allra viktigast.

Många faktorer påverkar kvaliteten på det lagrade ensilaget, bl.a. artsammansättning, mognadsstadium vid skörd, flytgödselspridning, förtorkning, skörde- och lagringsmetoder samt ensileringsmedel. Det är viktigt att alla steg är väl planerade och genomförda. Bioraffinaderi identifieras som ett område för framtida forskning, med potential att använda den raffinerade fraktionen för enkelmagade djur och biprodukten för idisslare.

Mjölkkor har dominerat den vallinriktade husdjursforskningen, med särskilt fokus på att utforma foderstater med olika grovfoderandel eller näringsinnehåll. För köttdjur och får är frågor om val av arter, antal skördar och skördetidpunkt, samt effekterna på smältbarhet och fiberhalt särskilt relevanta. För renar finns det många okända faktorer när det gäller hur man bedömer ett grovfoder som lämpligt och använder det i foderstaten. Framförallt har vallensilage potential att vara en del av

dräktiga suggors foder, om proteinhalten är hög och fiberhalten låg. Vallensilage kan även ingå i foderstaten till växande grisar, men då i en mindre mängd.

Begränsad forskning har bedrivits om ekonomiska faktorer när det gäller vall. Det finns behov av mångsidiga system och modeller som kan hantera beräkningar, mätningar och analyser i olika produktionssystem.

Vallproduktionen kommer även fortsättningsvis att vara viktig i animalieproduktionen och för att bidra till att upprätthålla jordbruksekosystemens funktion i Sverige. Författarna till denna sammanställning hoppas att den kommer att vara ett användbart dokument för att ge en översikt över tidigare forskning, lyfta fram viktiga resultat och fungera som ett verktyg för att vägleda framtida forskning.

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	11
Figurförteckning.....	12
Artlista	13
1. Material och metoder.....	14
2. Växtodling.....	16
2.1 Vallväxter och -blandningar	16
2.1.1 Inledning	16
2.1.2 Sortförsök.....	17
2.1.3 Jämförelser mellan arter	19
2.1.4 Alternativa arter	21
2.1.5 Fördelarna med att öka artrikedomen	23
2.1.6 Slutsatser och kunskapsluckor	24
2.1.7 Referenser	25
2.2 Foderförädling och genetik	35
2.2.1 Arter och miljöer.....	35
2.2.2 Egenskaper av intresse	36
2.2.3 Förädlingsmetoder	38
2.2.4 Slutsatser och kunskapsluckor	38
2.2.5 Referenser	39
2.3 Klimatrelaterad tillväxt och påfrestningar	45
2.3.1 Inledning	45
2.3.2 Samtida konsekvenser av klimatvariationer och klimatförändringar	45
2.3.3 Förutsedda framtida konsekvenser för klimatet.....	46
2.3.4 Tolerans mot torka	46
2.3.5 Vinterskador/tolerans.....	47
2.3.6 Slutsatser och kunskapsluckor	49
2.3.7 Referenser	50
2.4 Sjukdomar och ogräs	54
2.4.1 Rotröta	54
2.4.2 Klöverröta	54
2.4.3 Andra sjukdomar.....	55
2.4.4 Ogräs	57
2.4.5 Slutsatser och kunskapsluckor	58
2.4.6 Referenser	58
2.5 Symbioser mellan mikrober och växter i vallar	61
2.5.1 Inledning	61
2.5.2 Endofytiska svampars mutualism	61

2.5.3	Kvävefixering	62
2.5.4	Slutsatser och kunskapsluckor	65
2.5.5	Referenser	65
2.6	Modellering och fjärranalys	68
2.6.1	Inledning	68
2.6.2	Utveckling och testning av simuleringsmodeller för grödor	68
2.6.3	Tillämpningar av simuleringsmodeller för grödor.....	69
2.6.4	Fjärranalys	70
2.6.5	Slutsatser och kunskapsluckor	71
2.6.6	Referenser	73
2.7	Förvaltning av markens egenskaper.....	76
2.7.1	Introduktion	76
2.7.2	Applicering av gödsel.....	76
2.7.3	Kalkning	77
2.7.4	Bevattnings	78
2.7.5	Markpackning	78
2.7.6	Slutsatser och kunskapsluckor	79
2.7.7	Referenser	79
2.8	Etablering av vallar	82
2.8.1	Inledning	82
2.8.2	Tid för sådd	82
2.8.3	Utsädesmängd.....	82
2.8.4	Etableringsteknik	83
2.8.5	Återsådd/renovering av vallar	83
2.8.6	Slutsatser och kunskapsluckor	84
2.8.7	Referenser	84
2.9	Gödsling	86
2.9.1	Introduktion	86
2.9.2	Gräsvallar.....	86
2.9.3	Baljväxter och vallar med gräs/baljväxter	90
2.9.4	Slutsatser och kunskapsluckor	95
2.9.5	Referenser	95
2.10	Skördestrategi.....	103
2.10.1	Inledning	103
2.10.2	Skördefrekvens	103
2.10.3	Mognadsstadium vid skörd	105
2.10.4	Tidpunkt för skörd	106
2.10.5	Stubbhöjd.....	108
2.10.6	Slutsatser och kunskapsluckor	108
2.10.7	Referenser	109
3.	Skörd och konservering	114

3.1	Skörd och konservering	114
3.1.1	Inledning	114
3.1.2	Gräsarter, mognad, skötsel och konservering	114
3.1.3	Förtorkning	117
3.1.4	Skördemetod	118
3.1.5	Förvaringsmetod	120
3.1.6	Ensilering med tillsatsmedel - effekter på ensilagefermentering och aerob stabilitet.....	121
3.1.7	Modeller för att förutsäga ensilagekvalitet	124
3.1.8	Ensilering med tillsatser - effekter på våmfermentering och idisslarproduktion 125	
3.1.9	Bioraffinering.....	127
3.1.10	Slutsatser och kunskapsluckor	128
3.1.11	Referenser	128
4.	Fodervärde för djur	135
4.1	Mjölkkor	135
4.1.1	Utvecklingsstadium vid skörd	135
4.1.2	Skördetidpunkt och utvecklingsstadium	138
4.1.3	Vallarter.....	140
4.1.4	Förhållande mellan gräs och baljväxter.....	141
4.1.5	Förhållande mellan grovfoder och kraftfoder.....	143
4.1.6	Ersätta gräsensilage med helsädesensilage	144
4.1.7	Ensilage kontra hö	145
4.1.8	Kvävegödsling	146
4.1.9	Förtorkning före ensilering	147
4.1.10	Mekanisk bearbetning av vallfoder	147
4.1.11	Slutsatser och kunskapsluckor	149
4.1.12	Referenser	150
4.2	Köttdjur.....	154
4.2.1	Utvecklingsstadium vid skörd	154
4.2.2	Skördestrategi.....	155
4.2.3	Vallarter.....	156
4.2.4	Gräs eller gräsklöver.....	157
4.2.5	Förhållande mellan grovfoder och kraftfoder	157
4.2.5	Slutsatser och kunskapsluckor	159
4.2.6	Referenser	161
4.3	Får.....	163
4.3.1	Selektivt beteende	163
4.3.2	Utfodring av grovfoder i olika produktionsstadier	163
4.3.3	Effekt av skördedatum	164
4.3.4	Effekter av växtarter och fytoöstrogener.....	165

4.3.5	Effekter av blandat foder och av ensilage jämfört med hö	166
4.3.6	Effekter av hacklängd och pelletering.....	168
4.3.7	Effekter av utfodringssystem, fruset ensilage och gödsling	168
4.3.8	Effekter av grovfodret på produktkvaliteten	169
4.3.9	Slutsatser och kunskapsluckor	170
4.3.10	Referenser	171
4.4	Renar	173
4.4.1	Forskningsresultat	173
4.4.2	Slutsatser och kunskapsluckor	176
4.4.3	Referenser	177
4.5	Grisar	180
4.5.1	Fodervärde och potential för användning av vallgrödor som foderingsrediens till grisar.....	180
4.5.2	Smältbarhet hos vallgrödor.....	180
4.5.3	Ensilagekonsumtion och påverkan på produktionen.....	181
4.5.4	Total blandad foderstat (TMR) med ensilage till grisar.....	183
4.5.5	Fraktioner från bioraffinerade färska och ensilerade vallgrödor	183
4.5.6	Juice.....	184
4.5.7	Proteinkoncentrat.....	184
4.5.8	Slutsatser och kunskapsluckor	185
4.5.9	Referenser	186
5.	Ekonomi.....	189
5.1	Ekonomi	189
5.1.1	Inledning	189
5.1.2	Litteraturoversikt	190
5.1.3	Produktionskostnader och foderkostnader	190
5.1.4	Policy- och resursoptimering	192
5.1.5	Ledning	192
5.1.6	Slutsatser och kunskapsluckor	193
5.1.7	Workshop för intressenter.....	193
5.1.8	Referenser	194
Tack		196
Bilaga 1. Söktermer.....		197
Appendix 2. Workshop		211

Tabellförteckning

Tabell 1 Sammanfattning av foderarter som utvärderats i fältstudier i de nordiska och baltiska länderna, vanliga och vetenskapliga namn, antal publikationer i denna litteraturöversikt som inkluderar arten (#), länder där fältstudierna genomfördes samt referenser.....	35
Tabell 2 Sammanfattning av antalet publikationer som rapporterar olika egenskaper som utvärderats i fältstudier per foderart och totalt antal publikationer per art. Egenskaperna är Avkastning (kg ts/ha), foderkvalitet (en eller flera kemiska parametrar, t.ex. CP, NDF).....	36
Tabell 3 Innehåll av råprotein (CP; g/kg ts) och aminosyror (g/kg ts) lysin (Lys), metionin (Met) och treonin (Thr) i proteinkoncentrat från vitklöver (planta och blad), rödklöver, lusern, engelskt rajgräs och en blandning av gräs och klöver.....	185

Figurförteckning

Figur 1 De olika stegen i en systematisk kartläggning (anpassad från Clapton, Rutter och Sharif, 2009).	15
---	----

Artlista

Svenskt namn

Ängskavle
Kikvedel
Sötvedel
Foderlosta
Sloklosta
Kummin
Cikoria
Hundäxing
Kvickrot
Fodergetruta
Rörsvingel
Ängssvingel
Rödsvingel
Festulolium
Italienskt/Westerwoldiskt rajgräs
Engelskt rajgräs
Hybridrajgräs (Italienskt- × engelskt rajgräs)
Käringtand
Stor käringtand
Blomsterlupin
Gullusern
Humlelusern
Blålusern (Lusern)
Hybridlusern
Vit sötväppling
Gul sötväppling
Esparsett
Rörflen
Flentimotej
Timotej
Svartkämpar
Ängsgröe
Pimpinell
Kuraklöver
Alsikeklöver
Skogsklöver
Rödklöver
Vitklöver
-

Vetenskapligt namn

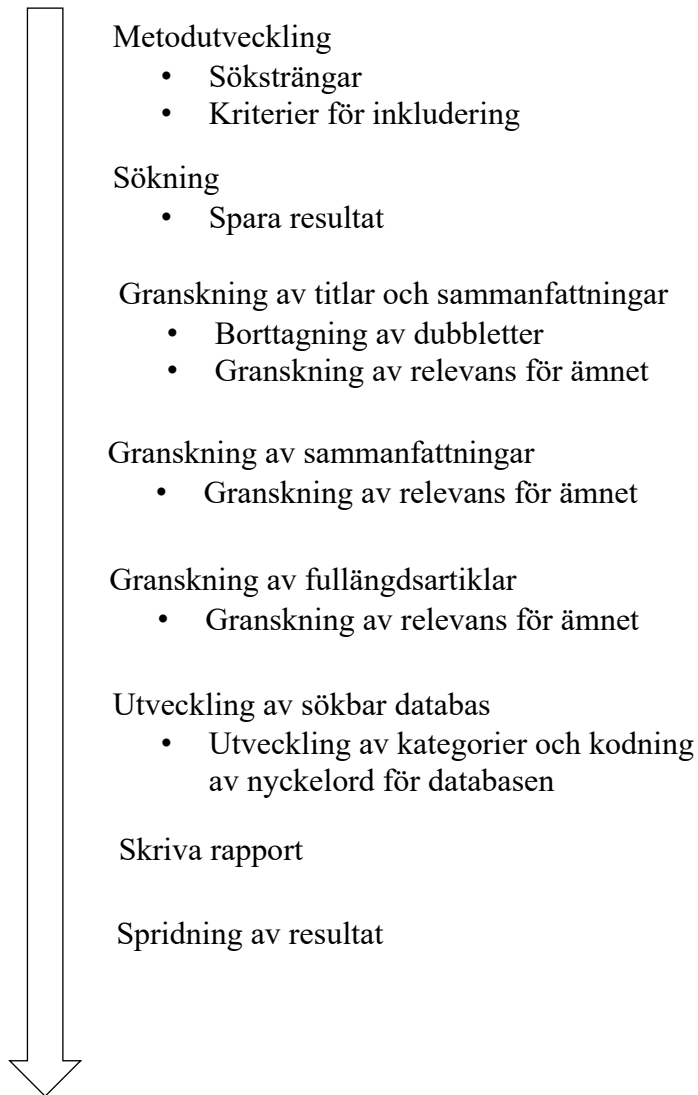
Alopecurus pratensis
Astragalus cicer
Astragalus glycyphyllos
Bromus inermis
Bromus sitchensis
Carum carvi
Cichorium intybus
Dactylis glomerata
Elymus repens
Galega orientalis
Festuca arundinacea (syn. *Lolium arundinaceum*)
Festuca pratensis (syn. *Lolium pratense*)
Festuca rubra
× *Festulolium*
Lolium multiflorum
Lolium perenne
Lolium × boucheanum
Lotus corniculatus
Lotus pedunculatus
Lupinus polyphyllus
Medicago falcata
Medicago lupulina
Medicago sativa
Medicago sativa × *varia*
Melilotus albus
Melilotus officinalis
Onobrychis viciifolia
Phalaris arundinacea
Phleum phleoides
Phleum pratense
Plantago lanceolata
Poa pratensis
Sanguisorba minor
Trifolium ambiguum
Trifolium hybridum
Trifolium medium
Trifolium pratense
Trifolium repens
Trifolium tumens

1. Material och metoder

För analysen tillämpades en systematisk kartläggningsmetod. Systematisk kartläggning är en transparent, robust och repeterbar metod som används för att identifiera, samla in och sortera relevant litteratur inom ett visst forskningsämne. Den ger en strukturerad översikt över forskningsområdet, men syftar inte till att syntetisera eller ytterligare bearbeta studieresultaten. Istället syftar metoden till att identifiera och samla den publicerade kunskapen inom ett visst forskningsområde och att indikera kunskapsluckor där framtida forskning behövs. En översiktlig beskrivning av metoden presenteras i Figur 1.

Genom en iterativ process som involverade projektmedlemmar och relevanta intressenter utvecklades och förfinades söksträngarna för varje arbetspaket som skulle användas inom respektive forskningsområde. De slutliga söksträngarna finns i bilaga 1. För att hitta relevanta artiklar användes databaserna Scopus, Web of Science Core Collection, CABI Cab Abstracts, Google Scholar och SLUpub. Sökningarna begränsades till litteratur som publicerats från och med den 1:a januari 2000 till och med projektets start i slutet av 2021. För att ingå i den systematiska kartläggningen skulle artiklarna dessutom komma från de nordiska och baltiska länderna. Endast studier som var av hög kvalitet och innehöll en tillräcklig beskrivning av metoderna inkluderades i kartläggningen. Om studien var utformad på ett sätt som gjorde att resultaten kunde ifrågasättas eller om de inte hade bekräftat resultaten med hjälp av statistik, valdes artikeln bort. Fokus låg på fält- eller gårdsstudier – om studien var utförd i växthus, fytotron, klimatkammare eller annan typ av kontrollerad miljö valdes artikeln bort. Likaså valdes studier som involverade genetiskt modifierade organismer bort. När det gäller avsnittet om växtproduktion inkluderades inte artiklar som rörde gröngödslingsgrödor, täckgrödor, bioenergi, grödor för produktion av utsäde, gräs för gräsmattor eller bete. Om den fullständiga artikeln inte var tillgänglig, eller om bara otillräcklig information fanns tillgänglig på engelska eller skandinaviska, valdes studien bort.

I vissa fall har grå litteratur, t.ex. populärvetenskapliga artiklar och informationsmaterial, hämtats från SLUpub, webbplatser för andra nordiska universitet och webbplatser för organisationer som Regeringskansliet, Jordbruksverket, Växa Sverige, Hushållningssällskapen och Lantmännen.



Figur 1 De olika stegen i en systematisk kartläggning (anpassad från Clapton, Rutter och Sharif, 2009).¹

¹ Clapton, J., Rutter, D. och Sharif, N. (2009). SCIE Systematic mapping guidance. London: SCIE.

2. Växtodling

2.1 Vallväxter och -blandningar

David Parsons, Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU

2.1.1 Inledning

I norra Europa är miljöförhållandena utmanande och antalet vallväxter som är lämpliga för odling och som används aktivt inom jordbruket är litet. Arter för vallproduktion måste kunna överleva vintern, klara skörd, klara ogynnsamma förhållanden som torka eller att stå under vatten, vara kompatibla med andra arter, vara motståndskraftiga mot skadedjur och sjukdomar och producera foder med både hög avkastning och hög kvalitet. En ytterligare egenskap som är fördelaktig är baljväxternas förmåga att tillföra kväve.

En enda vallväxt har inte alla dessa egenskaper, så det är en kompromiss att välja vilka arter som ska användas. Dessa begränsningar kan minimeras genom att använda blandningar, vilket sprider risken och potentiellt uppnår resultat som är mer positiva än vad som är möjligt genom att använda en enda art. Av denna anledning sås sällan enstaka arter, och blandningar av vallfrö innehåller vanligtvis flera arter. Riskerna kan också minimeras genom att så olika arter eller blandningar på olika fält på samma gård.

I det här avsnittet behandlas det mycket viktiga ämnet vallväxter - hur de fungerar i jämförelse med varandra, hur de fungerar i blandningar med flera arter och försök att implementera nya arter. Även inom arter kan sorterna skilja sig åt i fråga om egenskaper och lämplighet för olika situationer.

Mycket arbete har lagts ner på att utvärdera olika vallväxter, och en stor del av litteraturen är äldre än vad som inkluderats inom ramen för denna genomgång. Arbete pågår också inom Sortprovningen där det testas nya sorter i jämförelse med etablerade sorter på olika platser i Sverige. Denna översikt inkluderar dock inte detta pågående arbete. För den senaste informationen om sortförsök bör man konsultera de officiella resultaten. För detaljerad specifik information om enskilda

vallväxter finns det olika källor på nätet, bland annat från utsädesföretag, Jordbruksverket och boken "Vallväxter till slåtter och bete samt grönfoderväxter"².

2.1.2 Sortförsök

Utveckling av nya sorter är ett ständigt pågående arbete. Växtförädling är tidskrävande och det tar många år att få ut en ny flerårig vallväxt på marknaden. Det är viktigt att sorterna utvärderas noggrant på olika platser och under olika år, så att man kan dra slutsatser från stora och varierande datamängder. Nya sorter testas i Sverige genom officiella sortprovningar, och resultaten publiceras årligen av Hushållningssällskapet i boken "Sverigeförsöken" och även i "Vallväxter till slåtter och bete samt grönfoderväxter". För information om sorters uthållighet och avkastning under svenska förhållanden hänvisas läsaren i första hand till dessa källor.

På grund av den officiella sortprovningen publiceras endast en begränsad del av den nordiska och baltiska forskningen i fackgranskad litteratur. De officiella sortförsöken fokuserar dock främst på avkastning, uthållighet och grundläggande foderkvalitet. Ytterligare forskning som jämför sorter har därför ofta genomförts för att fokusera på ytterligare egenskaper (t.ex. vattenlösliga kolhydrater), jämförelser mellan olika arter eller för att ge mer information om specifika agronomiska eller fysiologiska aspekter (t.ex. mängden solljus som tas upp av växten).

I ett forskningsprojekt genomfört i Uppsala och Særaheim i Norge jämfördes två sorter av engelskt rajgräs (*Lolium perenne*), varav den ena hade förädlats för höga halter av vattenlösliga kolhydrater (WSC). Även om det fanns skillnader mellan sorterna var resultaten inte konsekventa mellan platser och år [1, 2], och det gick inte att dra några säkra slutsatser. I ett liknande projekt genomfört i Norge [3] såg man dock inga skillnader i WSC-innehåll vid olika kvävegivor. Ett annat projekt som omfattade olika sorter av engelskt rajgräs fokuserade på vinteröverlevnad i de nordiska länderna och inkluderade Länäs som svensk nod [4]. Projektet visade att det fanns stora interaktioner mellan genotyp och miljö, vilket understryker behovet av att utveckla sorter med specifika anpassningar till regioner och behovet av lokaliserade sortförsök.

En rad olika sorter av timotej (*Phleum pratense*) och engelskt rajgräs jämfördes med avseende på skillnader i ljusabsorption, vilket i sin tur påverkar avkastningen [5, 6]. Det fanns vissa skillnader mellan sorterna, och hypotesen var att sorter med mer heterogen bladorientering absorberade mer ljus än sorter med upprättstående blad. Detta har betydelse för växtval och förädling.

Åtta sorter av lusern (*Medicago sativa*) jämfördes med rödklöver (*Trifolium pratense*) med avseende på avkastning och foderkvalitet [7]. Trenderna i avkastning

² <https://publications.slu.se/?file=publ/show&id=112152>

var inte konsekventa mellan första- och andraårsvallar, och eftersom försöket bara genomfördes på en plats under två år är det svårt att dra slutsatser om skillnader mellan sorter. I allmänhet hade rödklöver lägre koncentrationer av råprotein (CP) och fiber (neutral detergent fiber, NDF) och högre in vitro-smältbarhet av organiskt material än de olika sorterna av lusern.

En studie som genomfördes i Norge [8] utvärderade effekterna av rödklöver som mognade olika fort. De fann att rödklöversorter med tidigare utveckling hade högre avkastning i återväxten men lägre CP och högre NDF. Studien syftade till att se om det var möjligt att välja sorter med högre tillväxthastighet under våren, men de lyckades inte. I Norge är de flesta rödklöversorter diploida. I ett försök där man jämförde rödklöversorter i vallfröblandningar fann man att vissa tetraploider hade högre avkastning än diploider och att rangordningen av sorter i blandningarna liknade sortförsök i monokultur [9]. Detta har intressanta konsekvenser för svenska sortförsök med rödklöver, som också vanligtvis utförs som monokulturer. I en studie från Litauen jämförde man ett stort antal sorter [10] men fann inga signifikanta skillnader i avkastning mellan diploider och tetraploider. Den genomsnittliga fröavkastningen var dock 16,3 % högre för diploider.

I ett annat försök utfört i Litauen [11] jämfördes 46 sorter av lusern och hybridlusern (*Medicago sativa* x *varia*) med olika geografiskt ursprung, sådda med gräs i både bördiga och sura, ofructbara jordar. Som väntat klarade sig foderlusern inte så bra när den odlades i sura jordar. Sorter från de baltiska länderna var de som drabbades minst av bladmögel (det fanns inga nordiska sorter).

Ett experiment i Norge [12] jämförde effekten av olika timotejsorter i blandade vallar med ängssvingel (*Festuca pratensis*). Jämfört med sorterna 'Noreng' och 'Vega' hade 'Grindstad' fler generativa skott, dvs. skott som leder till blombildning, och följaktligen högre avkastning, lägre kvalitet och lägre andel av den samodlade ängssvingeln. Försök som detta kan bidra till att förstå mekanismerna bakom skillnader mellan olika sorters konkurrenskraft, avkastning och kvalitet. Ursprungsland kan påverka hur växten tar sig - forskning i Estland 2020 [13] visade att fyra nya finska timotejsorter gav högre avkastning och var av bättre kvalitet än två estniska sorter.

Tetraploida italienskt rajgräs (*Lolium multiflorum*) kan producera mer biomassa än sina diploida föregångare, särskilt under torkperioder [14], vilket tyder på att ökad ploidnivå är ett verktyg för att ge torktålighet hos denna art. Bladrikare sorter av engelskt rajgräs kan innehålla mindre fiber [15]. I Estland gjordes en jämförelse mellan ett diploid och ett tetraploid engelskt rajgräs [16] och man fann ett liknande svar på gödsling och skördefrekvens, med en något större avkastningspotential för tetraploiden i genomsnitt över olika skötselåtgärder. Ett experiment i Litauen [17] visade att åtta sorter av Westerwoldiskt rajgräs (*Lolium multiflorum*) skilde sig åt i avkastning och stabilitet under olika miljöförhållanden, och att två ('Rapid' och 'Elunaria') gav högre avkastning än standardsorten.

2.1.3 Jämförelser mellan arter

Festulolium

Möjligheterna att förbättra avkastning, uthållighet och foderkvalitet är ofta motiv för att jämföra olika gräs- och baljväxtarter. Särskilt viktiga har varit jämförelser av festuloliumhybrider ($\times$ *Festulolium*), där man korsat *Lolium*-arter, som har hög produktivitet och kvalitet, med *Festuca*-arter, som har större tolerans mot påfrestningar såsom torka och kyla.

Festulolium kan variera mycket beroende på ursprungsmaterialet. I allmänhet har festulolium bättre uthållighet än engelskt rajgräs [18]. I en serie försök i södra och mellersta Sverige jämfördes skördestabiliteten hos festuloliumhybrider med den hos engelskt rajgräs genom att undersöka förändringen i avkastning vid förstaskörden. Man såg då att minskningen i avkastning vid förstaskörden av festuloliumhybrider var mindre än för engelskt rajgräs [19]. Med ökande latitud drabbades festulolium av mer vinterskador.

I Sverige hade sorten 'Hykor', som har sitt ursprung i rörsvingel, olika foderkvalitetssegenskaper jämfört med 'Paulita' och 'Perun', som har ängssvingel som ursprungsgröda [20]. Skördens energiinnehåll var alltid sämre för 'Hykor', och därför bör den skördas tidigare för att bibehålla samma nivå av smältbarhet. Dessa resultat stöds av forskning från Norge [21].

Ett antal lettiska studier fokuserade på att jämföra sorter av festuloliumhybrider och hybridrajgräs (*Lolium x boucheanum*). Båda arterna gav större avkastning men hade lägre smältbarhet än engelskt rajgräs [22, 23]. I en relaterad studie fann man ingen signifikant skillnad i råprotein mellan de olika festuloliumarterna [24]. Hybridrajgrässorter med senare axgång är mer lämpade för baltiska förhållanden [25].

En svensk studie som omfattade flera platser och år visade att festulolium (sorten 'Hykor') och rörsvingel (*Festuca arundinacea*, sorten 'Swaj') hade lägre fiberinnehåll och högre fibersmältbarhet än timotej ('Switch') [26]. En liknande flerårig och platsspecifik studie i Finland [27] jämförde flera sorter av festulolium, rörsvingel och ängssvingel. Det fanns många skillnader mellan arter och sorter som inte utforskades fullt ut i studien. Generellt sett hade ängssvingel den högsta avkastningen vid första skörd, medan rörsvingel hade den högsta totala avkastningen. Ängssvingel hade den högsta NDF-halten och den lägsta smältbarheten. Författarna drog slutsatsen att det är viktigt att känna till sortens genetiska sammansättning för att kunna planera skördetiden och därmed få en hög foderkvalitet.

Jämförelser av avkastning och kvalitet på gräs

En rad forskningsprojekt har jämfört olika gräsarter i olika miljöer, bland annat i Lettland [28], Litauen [29], Island [30], Norge [31] och i en studie utförd i flera

länder [32]. Det är ytterst svårt att dra slutsatser som är relevanta för Sverige från sådana studier.

Två studier från Finland är av särskilt intresse på grund av de konsekventa resultaten på flera platser och under flera år. Den första studien [33] jämförde rörsvingelsorten "Retu" med flera sorter av ängssvingel. Rörsvingel var långsammare i etableringen, men under en treårig växtföljd gav den i genomsnitt 12 % högre avkastning än ängssvingel. Den hade också god uthållighet under finska odlingsförhållanden. I den andra studien [34] jämfördes egenskaper hos rörsvingel och timotej. De skiljer sig åt i sin förutsättning för blomning. Timotej blommar när den kritiska dagslängden överskrids, även vid återväxt, medan rörsvingel kräver vernalisering (en period av kallt väder) följt av långa dagar innan den blommar. Dessa skillnader har betydelse för vilken typ av rotskott som de olika arterna producerar, där timotej tenderar att producera mer generativa rotskott. Rörsvingel har däremot fler vegetativa strån, vilket leder till att den producerar mer blad, särskilt under återväxten. Om allt annat var lika skulle detta leda till att rörsvingel har högre foderkvalitet än timotej, men i praktiken är detta inte nödvändigtvis fallet. Det är viktigt att jämföra foderkvaliteten vid liknande utvecklingsstadier och liknande nivåer av biomassa, vilket inte är lätt att göra i praktiken. Rörsvingel är betydligt snabbare på att växa igen efter skörd, vilket beror på det större antalet vegetativa strån som finns vid skörd och som kan fortsätta växa efter avbladning. Dessutom kan vissnat växtmaterial i återväxten påverka näringsvärdet, och detta ökar med tiden sedan föregående skörd. Dessa faktorer gör det svårt att jämföra näringsvärdet hos olika arter, även om de jämförs i liknande utvecklingsstadier. [29]. Dessutom bör jämförelser av foderkvaliteten vid förstaskörden inte extrapoleras till efterföljande skördar.

Gräsets uthållighet

Timotej kan odlas i praktiskt taget alla jordbruksområden i de nordiska länderna, på grund av dess höga hårdighet [31]. Jämfört med engelskt rajgräs är timotej mer motståndskraftig mot både frost och isbeläggning [35]. Olika timotejsorter har olika tolerans, och sorter som är mer frosttåliga tenderar också att vara mer toleranta mot isbeläggning. *Festulolium* är mer köldtåligt än engelskt rajgräs, men det finns ett brett spektrum av gensvar beroende på genetik [31]. I en rad försök i de nordiska länderna var ordningen för vintertolerans rörsvingel > ängssvingel > *festulolium* > hybrid- och engelskt rajgräs [31]. Timotej ingick inte i försöken. I en liknande försöksuppsättning [30] var ordningen på vintertoleransen mer beroende av specifika sorter, men timotej var den mest vintertoleranta och hundäxing (*Dactylis gomerata*) var jämförbar med ängssvingel. I Lettland visade en studie att timotej, ängssvingel och hundäxing var mer uthålliga än engelskt rajgräs och *festulolium* [28].

Forskning i Lettland visade att festuloliumvallar med ängssvingel som ursprung hade bättre tolerans mot snömögel [36].

Avkastning och uthållighet för baljväxter

Baljväxter är en viktig komponent i vallar och bör inte ignoreras, trots att de vanligtvis utgör en lägre andel av beståndet. Ett försök i Danmark visade att valet av kompletterande gräs hade mindre effekt på avkastning och kväveanvändningseffektivitet än valet av kompletterande baljväxter [37]. Rödklöver eller lusern i blandningar gav totalt sett högre avkastning och kväveutbyte.

En studie med fokus på avkastningsstabilitet i ett ensilagesystem med 3-skördar [38] omfattade 3 platser i Finland och 3 platser i Sverige (Rådde, Uppsala och Lilla Böslid). Jämfört med rödklöver hade lusern en större känslighet för platsen (dvs. miljön) och vitklöver (*Trifolium repens*) hade en lägre känslighet. Det innebär att valet av växtplats är viktigare för lusern än för röd- och vitklöver. Lusern tenderade dock att bibehålla avkastningen i äldre vallar, och på platser som den var lämpad för hade den, den största avkastningen.

Det finns omfattande bevis för att innehållet av rödklöver i blandvallar minskar under skördeåren, ofta med början under det tredje året [39], och detta är särskilt tydligt från fjärde produktionsåret [40]. I jämförelse tenderar vitklöver att utgöra en lägre andel av vallarna, men förblir ganska konstant över åren.

2.1.4 Alternativa arter

Gullusern (*Medicago falcata*) och hybridlusern är mindre kända arter som har potential att växa under förhållanden som är kallare eller mindre bördiga än lusern (i Sverige ofta kallad blålusern). Eftersom de ofta har rihzomer (underjordiska stammar) har de potential att återhämta sig från stress som skadar eller dödar en del av växterna i ett bestånd. Gullusern och hybridlusern tenderar också att ha längre höstvila än sorter av blålusern [41] och är följaktligen mer vintertoleranta [42]. En ospecificerad sort från Estland odlades i Finland och gav bra avkastning [43]. I Sverige identifierades gullusern och hybridlusern som potentiella arter för norra Sverige eller områden där blålusern inte är väl anpassad [44]. Forskning pågår för att identifiera de mest lämpade sorterna i norra Sverige.

Fodergetruta (*Galega orientalis*) har studerats väl i de nordiska och baltiska länderna, men odlas inte i någon större skala. Den är högavkastande [45–48] och uthållig [45] i många olika miljöer och har enligt uppgift överlevt i 25 år [45]. Blandningar med gräs är mer produktiva än monokulturer [49] och fodergetruta kan växa bra i en blandning med timotej och engelskt rajgräs [50]. I ett annat experiment visade det sig att festulolium var den mest produktiva följeslagaren [51]. I ett försök i Estland gav gräsblandningar med getruta en större avkastning än de med vitklöver

eller lusern [52]. I Sverige och Finland hade getruta god uthållighet, särskilt under tredje året [38] men hade en lägre andel baljväxter i blandbestånd med gräs, jämfört med blandningar av gräs och vitklöver, rödklöver eller lusern. Viss forskning visar att getruta har en hög foderkvalitet [45] men det är inte ett konsekvent resultat. Det beror inte bara på utvecklingsstadiet, utan också på vad den samodlas med och kvävegödslingsnivån. Vid senare utvecklingsstadier bibehålls en hög proteinkoncentration [45], men NDF-koncentrationen kan vara hög [53, 54] och smältbarheten låg (t.ex. 58,2 % vid full blomning) [45]. Vid odling på olika platser i Finland och Sverige hade getruta i genomsnitt liknande foderkvalitet som rödklöver [38].

Tidigare arbeten har undersökt potentialen för käringtand (*Lotus corniculatus*) som en alternativ baljväxtart, även om inte lika mycket arbete har gjorts under de senaste åren. En studie på flera platser i Finland och Sverige visade att den har låg avkastning och dålig uthållighet på alla platser, och att den utgjorde en liten del i gräsblandningar [38]. Dess foderkvalitet liknade den hos rödklöver. En studie i Danmark visade att blandningar av gräs och baljväxter med käringtand gav lägre avkastning än blandningar med rödklöver, lusern eller vitklöver [37]. Den är fortfarande en intressant art på grund av förekomsten av kondenserade tanniner, som kan ha en antiparasitär effekt, minska risken för trumsjuka och förbättra proteinupptaget.

Det finns en rad andra perenna baljväxter som har studerats, men det finns inte tillräckligt med information för att vi i denna översikt ska kunna diskutera dem i detalj - dessa inkluderar vit sötväppling (*Melilotus albus*), gul sötväppling (*Melilotus officinalis*), blomsterlupin (*Lupinus polyphyllus*), alsikeklöver (*Trifolium hybridum*), stor käringtand (*Lotus pedunculatus*), kuraklöver (*Trifolium ambiguum*), skogsklöver (*Trifolium medium*), esparsett (*Onobrychis viciifolia*), sötvedel (*Astragalus glycyphyllos*), kikvedel (*Astragalus cicer*), humlelusern (*Medicago lupulina*) och *Trifolium tumens* [44, 55-57]. Bland intressanta ogräsarter kan nämnas pimpinell (*Sanguisorba minor*), kummin (*Carum carvi*), svartkämpar (*Plantago lanceolata*) och cikoria (*Cichorium intybus*) [57]. Erfarenheterna av dessa arter finns i viss mån beskrivna i tidigare litteratur som inte täcks av tidsintervallet för denna granskning.

Det finns olika gräsarter som har potential för odling. Losta-arter är kända för sin torktolerans, men används sällan i Sverige. Foderlost (*Bromus inermis*) har testats tidigare (till exempel sorten Leif), medan sloklost (*Bromus sitchensis*) är en mer nyligen introducerad art. Preliminär forskning från Estland [58] har jämfört de två arterna och funnit att sloklost kan ge högre avkastning än foderlost [58] och rörsvingel [59] och är ett bra komplement till lusern. Forskning som jämförde timotej med den besläktade men mindre kända flentimotej (*Phleum phleoides*) [60] visade att den sistnämnda hade låg avkastning, men god kvalitet och motståndskraft mot torkstress, vilket gör den intressant för vidareförädling. Ytterligare gräsarter

som inte används ofta eller för vilka det finns begränsad information i vallar är bl.a. ängskavle (*Alopecurus pratensis*), ängsgröe (*Poa pratensis*) och rörflen (*Phalaris arundinacea*) [61, 62].

2.1.5 Fördelarna med att öka artrikedomen

Den enklaste och vanligaste blandningen av vallväxter är ett gräs och en baljväxt. Det finns gott om bevis för att även enkla blandningar kan ge högre avkastning än monokulturer [41, 63–71], även om lämpligheten hos vissa kombinationer kan variera kraftigt mellan olika platser [72]. Förutom att vara mer produktiva och ha större stabilitet i avkastningen [73, 74] kan blandningar ge en bättre foderkvalitet och mindre ogräs än monokulturer [75–80].

Blandningar med större biologisk mångfald än en enkel gräs- och baljväxtvall kan vara fördelaktiga och kan innehålla ytterligare gräs-, baljväxt- eller icke-leguminösa örtartade arter (här kallade örter för enkelhetens skull). Ett experiment med biologisk mångfald i norra Sverige [81] med rutor som innehöll 1-12 arter visade att biomassan ökade med ökande artrikedom. Resultat i Litauen visade också ett positivt samband mellan artrikedom och avkastning [82].

Även en ökning av antalet arter, från två till tre, kan leda till förbättringar. I Danmark gav till exempel en blandning av engelskt rajgräs och vitklöver med rödklöver högre avkastning, särskilt under de två första åren [83]. De kompletterade varandra inte bara mellan åren men också inom åren, där rödklöver dominerade baljväxtandelen i första och tredje skörden, och vitklöver dominerade i andra och fjärde skörden. Ett försök i Lettland på tre jordtyper visade att blandningar som innehöll två arter av baljväxter gav högre skördar [84, 85]. Blandningar som innehöll baljväxter hade också högre halter av råprotein [86]. Det behövs mer bevis för om det kan vara fördelaktigt att kombinera flera sorter av samma art [87].

Ökad artrikedom kan främja ekosystemens funktion [88]. När artrikedomen ökar, i synnerhet när det finns flera funktionella grupper (t.ex. gräs, baljväxter, örter), finns det många fördelar. Vallen blir mer motståndskraftig mot invasion från oönskade arter [89–91], på grund av ökad resursanvändning [92]. I Sverige kan inblandning av hundäxing och vitklöver minska invasionen, medan vallar med rödklöver oftare blir invaderade [91]. Att inkludera en djupt rotad ört som lusern eller cikoria minskar också ogräsinvationen [93].

Ökad biologisk mångfald leder ofta till ökad avkastning, vilket kan bero på att komplexa blandningar fångar upp mer ljus jämfört med renbestånd eller enkla blandningar [94]. Avkastningsstabiliteten kan också ökas genom att man lägger till ytterligare en baljväxt i en vall [95, 96] vilket potentiellt kan ge ökad motståndskraft mot förändrade miljöförhållanden [97]. När en djuprotad baljväxt som lusern läggs till i en vall kan den förbättra avkastningen och den efterföljande kvävefixeringen [98–100]. Baljväxter skiljer sig åt när det gäller mängden atmosfäriskt kväve som fixeras och deras förmåga att överföra kväve till angränsande växter [101]. Jämfört

med röd- och vitklöver får till exempel lusern vanligtvis en större andel av sitt kväve från fixering. Men eftersom dess rotsystem är helt annorlunda än hos konkurrerande arter, överför den vanligtvis inte lika mycket kväve till sina grannar.

Att lägga till djuprotade gräs som rörsvingel till vallar kan också potentiellt förbättra både avkastning och kvalitet på vallarna [102]. Att tillsätta gräs med rhizomer i blandningar kan förbättra vinterhärdigheten (t.ex. i ett försök i Lettland [103]). Ett alternativt tillvägagångssätt är att lägga till ett produktivt men mindre vinterhärdigt gräs, t.ex. engelskt rajgräs, i blandningarna, vilket kan öka avkastningen under etableringsåret och minska ogräsinvasionen [104]. Det är viktigt att tänka på blandningarnas sammansättning för att möjliggöra stabila vallar eftersom vissa arter är känsliga för andra arter som ingår i blandningen. Exempelvis visade försök med vitklöver stora skillnader i vitklöverns avkastning och utveckling beroende på vilket gräs som klöverns samodlades med [105, 106].

Icke-leguminösa örtartade växter används sällan som kompletterande arter i svenska vallar. Att lägga till örter som cikoria och svartkämpartill klövergräsblandningar ökade avkastningen med 10–14 % i försök i Danmark [89]. Svartkämpar cikoria och kummin kan ingå i blandningar med biologisk mångfald för att öka avkastningen [107] utan att minska rödklöverns uthållighet och avkastning [108]. De kan också förbättra mineralsammansättningen i vallar [109]. Men eftersom örter kan minska mängden rödklöver i den totala biomassan och därmed påverka mängden N-fixering, bör blandningar inte innehålla en hög andel cikoria [110]. Örtväxternas konkurrenskraft varierar och deras andel i en vall är starkt beroende av skötseln [111].

Ett ytterligare sätt att öka den biologiska mångfalden är att inkludera fler arter i fältkanter, antingen genom att låta naturligt förekommande arter finnas kvar eller genom att så in dem. I ett experiment i Litauen [112] såddes ett brett spektrum av inhemska arter på fältkanter. Arterna bildade täta bestånd med lång blomningstid, och författarna drog slutsatsen att många av dem är lämpliga för etablering av fältkanter på mark som används intensivt för jordbruk.

2.1.6 Slutsatser och kunskapsluckor

Valet av vallväxter, hur de kombineras i fröblandningar och hur de sköts är helt klart viktigt. Vanligt förekommande arter som timotej och rödklöver utgör en solid grund för foderproduktion. Men att vara alltför beroende av ett litet antal arter är i sig riskfyllt. Med klimatförändringar kommer potentialen för förändrade effekter av sjukdomar, skadeinsekter och ogräs, tillsammans med abiotiska faktorer som längre istäcke eller minskad vattentillgång. Under det år då denna översikt skrevs (2023) var den tidiga växtsäsongen extremt torr i stora delar av Sverige, och det diskuterades mycket om huruvida de vanligaste odlade arterna är väl lämpade för torrare förhållanden. Arter som lusern och rörsvingel har djupa rötter och välkänd motståndskraft mot torka, och att inkludera dem i vallblandningar kan ge större

motståndskraft och avkastningsstabilitet. För att göra detta krävs expertkunskap. Lusern kan potentiellt odlas på större arealer än för närvarande, men valet av plats (pH, dränering, jordtyp) kan vara avgörande. Rörsvingel har rykte om sig att vara svårhanterlig och om den behandlas på samma sätt som timotej kommer den sannolikt att resultera i foder av sämre kvalitet.

Örter är en annan grupp växter som potentiellt skulle kunna användas i större utsträckning och som kan bidra till motståndskraften under torra förhållanden. Men även om arterna är användbara har de tillgängliga sorterna inte utvecklats för de nordiska länderna och presterar sannolikt under sin potential. I utvärderingen identifierades biologisk mångfald i vallar som ett utvecklingsområde för att öka motståndskraften och förbättra avkastningsstabiliteten. Detta kräver fler tester av olika fröblandningar och utveckling av metoder för att hantera dem på lämpligt sätt. Förädlingsprogram för mindre arter, särskilt fleråriga baljväxter, skulle också vara fördelaktigt på lång sikt. En intressant forskningsfråga är om processerna för förädling och sortprovning bör omfatta bedömning i polykulturer, snarare än bara monokulturer.

2.1.7 Referenser

1. Halling, M.A., et al. Changes in water soluble carbohydrates for perennial ryegrass in the first growth in Norway and Sweden. in EGF. 2008. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences.
2. Halling, M.A., et al. Accumulation of water soluble carbohydrates in two perennial ryegrass cultivars at nine European sites. in EGF. 2004. Zurich, Switzerland: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich.
3. Conaghan, P., et al., Yield and Quality Response of Perennial Ryegrass Selected for High Concentration of Water-Soluble Carbohydrate to Nitrogen Application Rate. *Crop Science*, 2012. **52**(6): p. 2839-2851.
4. Helgadottir, A., et al. New cultivars needed to ensure survival of perennial ryegrass across the northern region. in EGF. 2016. Ås, Norway: Nibio.
5. Jonsson, H.A. Light interception and green matter yield in a grass trial. in Proceedings of the 23rd Meeting of the Fodder Crops and Amenity Grasses Section of EUCARPIA. 2001. Azores, Portugal: Department of Agricultural Science, University of Azores.
6. Jonsson, H.A. Light interception and dry matter yield in grass/legume mixtures. 2001. Sao Pedro, Brazil: Fundacao Estudos Agrarios Luiz Queiroz (Fealq).
7. Sousa, D.O., et al., A two-year comparison on nutritive value and yield of eight lucerne cultivars and one red clover cultivar. *Grass and Forage Science*, 2019. **75**(1): p. 76-85.
8. Nadeem, S., et al., Variation in rate of phenological development and morphology between red clover varieties: Implications for clover proportion and feed quality in mixed swards. *Grass and Forage Science*, 2019. **74**(3): p. 403-414.

9. Nesheim, L. and A. Langerud,. Improving sown grasslands through breeding and management. Proceedings of the Joint 20th Symposium of the European Grassland Federation and the 33rd Meeting of the EUCARPIA Section 'Fodder Crops and Amenity Grasses', Zurich, Switzerland, 24-27 June 2019, 2019: p. 506-508.
10. Liatukas, Ž. and J. Bukauskaitė, Differences in Yield of Diploid and Tetraploid Red Clover in Lithuania. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences, 2012. **66**(4-5): p. 163-167.
11. Liatukiene, A., et al., Evaluation of agro-biological traits of *Medicago sativa* and *M. varia* in a Cambisol and Retisol. Zemdirbyste-Agriculture, 2020. **107**(1): p. 41-48.
12. Nesheim, L. and A.K. Bakken. The importance of timothy variety for feed quality development in regrowths of swards mixed with meadow fescue. in EGF. 2008. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences.
13. Aavola, R. and P. Pechter. Modern cultivars of timothy produce more herbage with enhanced feeding value. in EGF. 2020. Helsinki, Finland: Luke.
14. Akinroluyo, O.K., et al., Drought stress response of Westerwolths ryegrass (*Lolium multiflorum* ssp. *multiflorum*) cultivars differing in their ploidy level. Zemdirbyste-Agriculture, 2020. **107**(2): p. 161-170.
15. Skuodiene, R. and R. Repsiene. Productivity and quality of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) in western Lithuania. in EGF. 2008. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences.
16. Aavola, R. The yield potential of Estonian perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivars at different mineral fertilisation levels and cutting frequencies. in EGF. 2005. Tartu, ESTONIA: Estonian Grassland Soc-Egs.
17. Kemesyte, V. and P. Tarakanovas. Genotype * environment influence on first-cut dry matter yield stability of annual ryegrass cultivars. in EGF. 2008. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences.
18. Berzins, P., et al. Performance of *Lolium* spp., *Festuca* spp. and their mutual hybrids in Latvian conditions. in EGF. 2018. Fermoy, Irish Republic: Teagasc, Animal & Grassland Research and Innovation Centre.
19. Halling, M.A. Yield stability of Festulolium and perennial ryegrass in southern and central Sweden. in EGF. 2012. Lublin, POLAND: Polish Grassland Soc-Polskie Towarzystwo Lakarskie.
20. Frankow-Lindberg, B.E. and K.F. Olsson. Digestibility and fibre content of leaves and straw of three Festulolium hybrids during spring regrowth. in EGF. 2008. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences.
21. Østrem, L., et al. Winter survival, yield performance and forage quality of Festulolium cvs. for Norwegian farming. in EGF. 2008. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences.
22. Gutmane, I. and A. Adamovich. Analysis of Festulolium and hybrid ryegrass (*Lolium * boucheanum*) dry matter yield stability. in EGF. 2008. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences.

23. Gutmane, I. and A. Adamovich. Productivity and yield quality of Festulolium and *Lolium * boucheanum* varieties. in EGF. 2004. Zurich, Switzerland: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich.
24. Gutmane, I. and A. Adamovich. Crude protein yield and quality of festulolium (* Festulolium Asch. & Graebn.) and hybrid ryegrass (*Lolium * boucheanum* Kunth.). in EGF. 2011. Irdning, Austria: Agricultural Research and Education Center (AREC) Raumberg-Gumpenstein.
25. Gutmane, I. and A. Adamovich. Productivity aspects of Festulolium and *Lolium * boucheanum* cultivars. in EGF. 2006. Madrid, Spain: Sociedad Espanola para el Estudio de los Pastos (SEEP).
26. Halling, M.A. Fibre quality in timothy, Festulolium and tall fescue around first cut. in International Grassland Congress. 2013. Orange, Australia: New South Wales Department of Primary Industry.
27. Niemelainen, O., M. Niskanen, and L. Jauhiainen. Productivity and quality of meadow fescue, tall fescue and festulolium in silage cutting regime in Finland. in International Silage Conference. 2012. Helsinki, Finland: MTT Agrifood Research Finland.
28. Berzins, P., et al. The evaluation of perennial grass cultivars in Latvia condition. in NJF. 2015. Riga, LATVIA: Nordic Assoc Agricultural Scientists-Njf.
29. Butkute, B. and V. Paplauskiene. Comparison of the variability in quality of the LIA-bred perennial grasses, relationships between quality parameters. in EGF. 2006. Madrid, Spain: Sociedad Espanola para el Estudio de los Pastos (SEEP).
30. Thorvaldsson, G., et al. Climatic adaptation of species and varieties of grass and clover in the West Nordic countries. in EGF. 2016. Ås, Norway: Nibio.
31. Østrem, L., et al. Environmental impact on winter survival and production in non-native grasses in the Nordic countries. 2015. Riga, Latvia: Nordic Assoc Agricultural Scientists-Njf.
32. Aavola, R., et al. Yield performance of forage grasses on both shores of the Baltic Sea. in EGF. 2013. Borgarnes, Iceland: Agricultural University of Iceland.
33. Niemelainen, O., L. Jauhiainen, and E. Miettinen, Yield profile of tall fescue (*Festuca arundinacea*) in comparison with meadow fescue (*F. pratensis*) in Finland. Grass and Forage Science, 2001. **56**(3): p. 249-258.
34. Virkajarvi, P., et al., Tiller Characteristics of Timothy and Tall Fescue in Relation to Herbage Mass Accumulation. Crop Science, 2012. **52**(2): p. 970-980.
35. Jørgensen, M., et al. Effects of ice encasement during winter on different cultivars of *Phleum pratense* and *Lolium perenne* in Norway. in International Grassland Congress 2008. Guangzhou, China: Guangdong People's Publishing House.
36. Gutmane, I. and A. Adamovich. Productivity and persistency of Festulolium and *Lolium * boucheanum* swards. in EGF. 2007. Merlbeke, Belgium: Belgian Society for Grassland and Forage Crops.
37. Elgersma, A. and K. Soegaard. Productivity and herbage quality in two-species grass-legume mixtures under cutting. in EGF. 2015. Wageningen, Netherlands: Wageningen Academic Publishers.

38. Halling, M.A., et al. Forage legumes - productivity and composition. in Legume silages for animal production : LEGSIL. 2001. Braunschweig, Germany: Bundesforschungsanstalt Landwirtschaft (Fal).
39. Mela, T., Red clover grown in a mixture with grasses: yield, persistence and dynamics of quality characteristics. Agricultural and Food Science in Finland, 2003. **12**(3-4): p. 195-212.
40. Halling, M.A., Changes in sward botanical composition in a ley cutting system over four years. Improving sown grasslands through breeding and management. Proceedings of the Joint 20th Symposium of the European Grassland Federation and the 33rd Meeting of the EUCARPIA Section 'Fodder Crops and Amenity Grasses', Zurich, Switzerland, 24-27 June 2019, 2019: p. 57-59.
41. Tamm, U. and S. Tamm. Effect of timothy sowing ratio on yield and nutritive value of alfalfa/timothy bi-crops. in EGF. 2005. Tartu, Estonia: Estonian Grassland Soc-Egs.
42. Linke, A. and R. Lillak. Formation of yielding ability and cold resistance of three red clover and alfalfa cultivars. in EGF. 2005. Tartu, Estonia: Estonian Grassland Society.
43. Mela, T., H. Ihamaki, and A. Matilainen. Yellow-flowered lucerne (*Medicago falcata* L.) - A potential forage legume for the north. in International Grassland Congress 2001. Sao Pedro, Brazil: Fundacao Estudos Agrarios Luiz Queiroz (Fealq).
44. Parsons, D. Potential new forage legumes for Northern Sweden. in EGF. 2020. Helsinki, Finland: Luke.
45. Adamovich, A. and O. Adamovicha. Forage quality dynamics and productivity of fodder galega-grass swards. in EGF. 2007. Merlbeke, Belgium: Belgian Society for Grassland and Forage Crops.
46. Balezentiene, L., Bio-morphological peculiarities of new cultivars of fodder galega (*Galega orientalis* Lam.). Agronomijas Vestis, 2008(10): p. 82-87.
47. Meripold, H., et al. The effect of different fodder galega-grass mixtures and nitrogen fertilization on forage yield and chemical composition. in EGF. 2014. Aberystwyth, UK: IBERS, Aberystwyth University.
48. Balezentiene, L., Comparison of the ecological applicability and yield capacity of long-term legumes and their mixtures. Vagos, 2003(57): p. 12-15.
49. Balezentiene, L. and E. Klimas. Variation in soil microbiological activity in relation to the yield of fodder galega (*Galega orientalis* Lam.) swards. in EGF. 2003. Pleven, Bulgaria: Bulgarian Association for Grassland and Forage Production (BAGFP).
50. Balezentiene, L. and E. Klimas. Ability of grasses to compete in galega swards. in EGF. 2008. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences.
51. Meripöld, H., et al. Yields and feed value of different fodder galega-grass mixtures. in EGF. 2016. Ås, Norway: Nibio.
52. Laidna, T. Adaptation of long-term forage legumes for growing on light acid soil of south Estonia. in EGF. 2003. Pleven, Bulgaria: Bulgarian Association for Grassland and Forage Production (BAGFP).

53. Meripõld, H., et al., Fodder galega (*Galega orientalis* Lam) grass potential as a forage and bioenergy crop. *Agronomy Research*, 2017. **15**(4): p. 1693-1699.
54. Meripõld, H., et al. The effect of different grass species and fertilization level in fodder galega mixtures. in EGF. 2015. Wageningen, Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
55. Bender, A., S. Tamm, and R. Aavola. Biomass allocation to shoots and roots, and nutrient content in herbage legumes. in EGF. 2017. Sassari, Italy: Cnr-Ispaam.
56. Butkute, B., et al., Phytochemical composition of temperate perennial legumes. *Crop & Pasture Science*, 2018. **69**(10): p. 1020-1030.
57. Elgersma, A., K. Sørensen, and S.K. Jensen, Herbage dry-matter production and forage quality of three legumes and four non-leguminous forbs grown in single-species stands. *Grass and Forage Science*, 2014. **69**(4): p. 705-716.
58. Tamm, S., et al. Productivity of Alaska brome and smooth brome in pure stand and in mixture with lucerne. in EGF. 2020. Helsinki, Finland: Luke.
59. Tamm, U., et al. The nutritive value of Alaska brome and tall fescue forage using different growing technologies. in EGF. 2018. Fermoy, Irish Republic: Teagasc, Animal & Grassland Research and Innovation Centre.
60. Jonaviciene, K., V. Paplauskienė, and G. Brazauskas. Comparison of *Phleum phleoides* versus *Phleum pratense* species for forage potential. in EGF. 2013. Borgarnes, Iceland: Agricultural University of Iceland.
61. Adamovics, A., O. Adamovica, and M. Beca. Rational use of legume/grass swards for high-quality forage production. in EGF. 2006. Madrid, Spain: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP).
62. Adamovics, A. and R. Platce. Influence of nitrogen fertilizers on yield and digestibility of grass. in EGF. 2014. Aberystwyth, UK: IBERS, Aberystwyth University.
63. Bender, A., S. Tamm, and R. Aavola. Tetraploid red clover - in a pure stand or mixed with timothy? in EGF. 2009. Zubri, Czech Republic: Organising Committee of the 15th European Grassland Federation Symposium.
64. Ergon, A., et al. Species mixtures - dry matter yield and herbage quality as affected by harvesting frequency under low N supply. in EGF. 2013. Borgarnes, Iceland: Agricultural University of Iceland.
65. Kadziulienė, Z., L. Sarunaitė, and L. Kadziulis. Investigation of some factors accelerating formation of protein-rich yield of legume/grass swards from the sowing year. in EGF. 2005. Tartu, Estonia: Estonian Grassland Soc-Egs.
66. Li, H.H., et al., Advantages of grass-legume mixture for improvement of crop growth and reducing potential nitrogen loss in a boreal climate. *Agricultural and Food Science*, 2019. **28**(4): p. 176-189.
67. Slepetyš, J., The productivity and persistency of pure and mixed forage legume swards. *Agronomija Vestis*, 2008(11): p. 276-282.
68. Slepetyš, J. and A. Slepetytė. Perennial legume swards for organic farming system in Lithuania. in International Grassland Congress 2013. Orange, Australia: New South Wales Department of Primary Industry.

69. Slepetys, J. and A. Slepetiene. The benefits of long-term legume swards in an organic farming system. in EGF. 2010. Duderstadt, Germany: Mecke Druck und Verlag.
70. Soegaard, K. and M.R. Weisbjerg. Herbage quality and competitiveness of grassland legumes in mixed swards. in EGF. 2007. Merlbeke, Belgium: Belgian Society for Grassland and Forage Crops.
71. Zarinna, L., L. Dziedule, and A. Vaivode. Potential of aboveground biomass of perennial grasses depending on the proportion of Leguminosae in the sward under organic farming conditions. in Zinātniski praktiskās konferences. 2021. Jelgava, Latvia: Latvijas Lauksaimniecības universitāte (LLU).
72. Gierus, M., et al. Influence of contrasting environments on forage quality of ryegrass and four legumes growing in binary swards. in EGF. 2007. Merlbeke, Belgium: Belgian Society for Grassland and Forage Crops.
73. Helgadóttir, A., T.O. Gylfadóttir, and T.A. Kristjansdóttir. Changes in species proportion over time in grass-legume mixtures under northern conditions. in EGF. 2013. Borgarnes, Iceland: Agricultural University of Iceland.
74. Helgadóttir, A., et al. Grass-legume mixtures sustain yield advantage under cool maritime growing conditions over a period of five years. in EGF. 2017. Sassari, Italy: Cnr-Ispaam.
75. Helgadóttir, A., T.A. Kristjansdóttir, and T.O. Gylfadóttir. Plant diversity enhances productivity in grasslands under marginal growing conditions. in EGF. 2012. Lublin, POLAND: Polish Grassland Soc-Polskie Towarzystwo Lakarskie.
76. Helgadóttir, A., et al., Grass-legume mixtures sustain strong yield advantage over monocultures under cool maritime growing conditions over a period of 5 years. *Ann Bot*, 2018. **122**(2): p. 337-348.
77. Elgersma, A. and K. Sørensen, Effects of species diversity on seasonal variation in herbage yield and nutritive value of seven binary grass-legume mixtures and pure grass under cutting. *European Journal of Agronomy*, 2016. **78**: p. 73-83.
78. Sturludóttir, E., et al., Benefits of mixing grasses and legumes for herbage yield and nutritive value in Northern Europe and Canada. *Grass and Forage Science*, 2014. **69**(2): p. 229-240.
79. Finn, J.A., et al. Four-species grass-clover mixtures demonstrate transgressive overyielding and weed suppression in a 3-year continental-scale experiment. in EGF. 2012. Lublin, Poland: Polish Grassland Soc-Polskie Towarzystwo Lakarskie.
80. Sebastia, M.T., et al. Higher yield and fewer weeds in grass/legume mixtures than in monocultures - 12 sites of COST action 852. in EGF. 2004. Zurich, Switzerland: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich.
81. Palmberg, C., et al., Inorganic soil nitrogen under grassland plant communities of different species composition and diversity. *Oikos*, 2005. **110**(2): p. 271-282.
82. Sidlauskaitė, G. and Z. Kadziulienė, The influence of different grass-legume mixtures on the productivity of first-year spring cutting. 2020, Helsinki, Finland: Organising Committee of the 28th General Meeting of the European Grassland Federation & Natural Resources Institute Finland (Luke). 135-137.

83. Eriksen, J., M. Askegaard, and K. Soegaard, Complementary effects of red clover inclusion in ryegrass-white clover swards for grazing and cutting. *Grass and Forage Science*, 2014. **69**(2): p. 241-250.
84. Adamovics, A. and I. Gutmane. Productivity and quality of multicomponent grass swards on three soil types. in EGF. 2016. Ås, Norway: Nibio.
85. Adamovics, A., I. Gutmane, and M. Katamadze, The influence of nitrogen fertilisation on the productivity of multi-species swards in three production years. Improving sown grasslands through breeding and management. Proceedings of the Joint 20th Symposium of the European Grassland Federation and the 33rd Meeting of the EUCARPIA Section 'Fodder Crops and Amenity Grasses', Zurich, Switzerland, 24-27 June 2019, 2019: p. 36-38.
86. Adamovics, A. and I. Gutmane. The influence of nitrogen fertiliser and legume content on the quality of multi-species swards. in EGF. 2018. Fermoy, Irish Republic: Teagasc, Animal & Grassland Research and Innovation Centre.
87. Sidlauskaitė, G., M. Toleikienė, and Z. Kadziulienė, Productivity potential of three tetraploid ryegrass cultivars and their mixture in new swards with clovers. *Zemdirbyste-Agriculture*, 2021. **108**(3): p. 241-246.
88. Brophy, C., et al., Major shifts in species' relative abundance in grassland mixtures alongside positive effects of species diversity in yield: a continental-scale experiment. *Journal of Ecology*, 2017. **105**(5): p. 1210-1222.
89. Cong, W.F., et al., Species interactions between forbs and grass-clover contribute to yield gains and weed suppression in forage grassland mixtures. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2018. **268**: p. 154-161.
90. Cong, W.E., K. Soegaard, and J. Eriksen. Diversity promotes production of ryegrass-clover leys through inclusion of competitive forb species. in EGF. 2016. Ås, Norway: Nibio.
91. Frankow-Lindberg, B.E., et al., Biodiversity effects on yield and unsown species invasion in a temperate forage ecosystem. *Ann Bot*, 2009. **103**(6): p. 913-21.
92. Frankow-Lindberg, B.E., Grassland plant species diversity decreases invasion by increasing resource use. *Oecologia*, 2012. **169**(3): p. 793-802.
93. Frankow-Lindberg, B.E. Richness of unsown plant species in a sown ley crop. in EGF. 2010. Duderstadt, Germany: Mecke Druck und Verlag.
94. Frankow-Lindberg, B.E. and N. Wrage-Monnig, Light availability is improved for legume species grown in moderately N-fertilized mixtures with non-legume species. *Basic and Applied Ecology*, 2015. **16**(5): p. 403-412.
95. Frankow-Lindberg, B.E., et al., Yield and stability of yield of single- and multi-clover grass-clover swards in two contrasting temperate environments. *Grass and Forage Science*, 2009. **64**(3): p. 236-245.
96. Jing, J., et al., Species Diversity Effects on Productivity, Persistence and Quality of Multispecies Swards in a Four-Year Experiment. *PLoS One*, 2017. **12**(1): p. e0169208.
97. Kykkanen, S., et al. Effects of increasing plant diversity on yield of grass and grass-legume leys in Finland. in EGF. 2020. Helsinki, Finland: Luke.

98. Frankow-Lindberg, B.E. and A.S. Dahlin, N-2 fixation, N transfer, and yield in grassland communities including a deep-rooted legume or non-legume species. *Plant and Soil*, 2013. **370**(1-2): p. 567-581.
99. Kadziulienė, Z. and L. Kadziulis, Nitrogen accumulation and efficiency in herbage depending on legume species in grassland sward. *Biologija*, 2007. **53**(1): p. 54-59.
100. Kadziulis, L. and Z. Kadziulienė. Lucerne in leys and pastures: economic and ecological aspects. in EGF. 2003. Pleven, Bulgaria: Bulgarian Association for Grassland and Forage Production (BAGFP).
101. Pirhofer-Walzl, K., et al., Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighbouring plants in a multi-species grassland. *Plant and Soil*, 2012. **350**(1-2): p. 71-84.
102. Niemeläinen, O., et al. Timothy and tall fescue mixtures increase forage yield and improve yield quality in comparison with pure timothy in Finland. in EGF. 2004. Zurich, Switzerland: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich.
103. Jansone, B., et al., Evaluation of perennial grass mixtures of different species and varieties in the central part of Latvia introduced from other European countries. *Agronomy Research*, 2010. **8**: p. 563-572.
104. Jørgensen, M., et al., Effects of including perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) in different species mixtures on yield, feed quality and botanical composition in first year of ley. Improving sown grasslands through breeding and management. Proceedings of the Joint 20th Symposium of the European Grassland Federation and the 33rd Meeting of the EUCARPIA Section 'Fodder Crops and Amenity Grasses', Zurich, Switzerland, 24-27 June 2019, 2019: p. 152-154.
105. Sprainaitis, A. and V. Paplauskienė, Development of white clover cv. 'Suduviai' in communities of various grass species. *Biologija*, 2001(2): p. 108-110.
106. Helgadóttir, A., T.O. Gylfadóttir, and T.A. Kristjansdóttir, The effects of grass species and nitrogen fertilizer on white clover growth and mixture yield in a northern maritime environment. *Icelandic Agricultural Sciences*, 2005(18): p. 75-84.
107. Dhamala, N.R., K. Soegaard, and J. Eriksen. Competitive forbs in high-producing temporary grasslands with perennial ryegrass and red clover can increase plant diversity and herbage yield. in EGF. 2015. Wageningen, Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
108. Dhamala, N.R., et al. Nitrogen fixation in red clover grown in multi-species mixtures with ryegrass, chicory, plantain and caraway. in EGF. 2016. Ås, Norway: Nibio.
109. Pirhofer-Walzl, K., et al., Forage herbs improve mineral composition of grassland herbage. *Grass and Forage Science*, 2011. **66**(3): p. 415-423.
110. Dhamala, N.R., et al., Effects of including forbs on N-2-fixation and N yield in red clover-ryegrass mixtures. *Plant and Soil*, 2018. **424**(1-2): p. 525-537.
111. Mortensen, T., K. Soegaard, and J. Eriksen. Effect of seed mixture composition and management on competitiveness of herbs in temporary grasslands. in EGF. 2012. Lublin, Poland: Polish Grassland Soc-Polskie Towarzystwo Lakarskie.

112. Arlauskiene, A., et al. Wild species flowering margins for improved biodiversity in intensive agricultural areas. in EGF. 2017. Sassari, Italy: Cnr-Ispaam.

2.2 Foderförädling och genetik

Valentin Picasso, växt- och ekosystemvetenskap, University of Wisconsin-Madison

2.2.1 Arter och miljöer

Förädling av arter för hög foderproduktivitet och anpassning till miljöförhållandena i de nordiska och baltiska länderna är av stor betydelse för animalieproduktionen, motståndskraften mot klimatförändringar och tillhandahållandet av ekosystemtjänster. De mest undersökta gräsarterna var engelskt rajgräs (*Lolium perenne*), timotej (*Phleum pratense*), ängssvingel (*Festuca pratensis*) och festulolium (x *Festulolium*), medan baljväxterna var rödklöver (*Trifolium pratense*) och vitklöver (*Trifolium repens*). Den fullständiga listan över foderarter som ingår i fältstudier i regionen sammanfattas i Tabell 1.

Tabell 1 Sammanfattning av foderarter som utvärderats i fältstudier i de nordiska och baltiska länderna, vanliga och vetenskapliga namn, antal publikationer i denna litteraturöversikt som inkluderar arten (#), länder där fältstudierna genomfördes samt referenser.

Vanligt namn	Artens namn	#	Länder och referenser
<i>Gräs</i>			
Engelskt rajgräs	<i>Lolium perenne</i>	23	Danmark [1-3], Litauen [4-10], Lettland [11, 12], Finland [13]Sverige [14-19]
Timotej	<i>Phleum pratense</i>	16	Finland [13, 20-23], Norge [24]Lettland [25]Litauen [26], Sverige [14-19]
Ängssvingel	<i>Festuca pratensis</i>	16	Litauen [27-30], Lettland [25, 31]Finland [13]Norge [32], Sverige [14-19]
Festulolium	x <i>Festulolium</i>	16	Norge [33, 34], Litauen [35, 36], Lettland [31, 37], Sverige [14-19]
Hundäxing	<i>Dactylis glomerata</i>	10	Lettland [38], Litauen [39-42], Sverige [14-18]
Andra gräs	<i>Festuca arundinacea</i> , <i>Lolium multiflorum</i> , <i>Dactylis polygama</i> , <i>Poa pratensis</i>	11	Litauen [30, 43], Finland [13]Sverige [14-18]
<i>Baljväxter</i>			
Rödklöver	<i>Trifolium pratense</i>	18	Litauen [44-47], Lettland [48, 49]Estland [50, 51], Norge [52], Sverige [14-18, 52], Island [53], Danmark [54]
Vitklöver	<i>Trifolium repens</i>	16	Litauen [55-60], Island [61, 62]Lettland [63], Norge [64-66], Sverige [14-18, 67]
Lusern	<i>Medicago sativa</i>	9	Litauen [68-72], Estland [73], Sverige [14-18]
Alsikeklöver	<i>Trifolium hybridum</i>	5	Litauen [59, 60, 68], Sverige [14-18]
Käringtand	<i>Lotus corniculatus</i>	4	Sverige [14-18]
Andra baljväxter	<i>T. medium</i> , <i>T. montanum</i> , <i>T. alpestre</i> , <i>T. pannonicum</i> , <i>T. fragiferum</i> , <i>T. ambiguum</i> , <i>T. ochroleucum</i> , <i>M. varia</i>	3	Litauen [59, 60, 68]

De flesta studier som hittades i denna litteraturöversikt bestod av en fenotypisk karakterisering och utvärdering av sorter, förädlingsslinjer, hybrider, ekotyper eller vilda populationer av foderarter. Många studier rapporterar stor variation i

egenskaper som kan användas för förädling av olika foderarter från vilda populationer, ekotyper och sorter (t.ex, [12, 32, 37, 52]). Dessa studier ger relevant information om tillgången på förädlingsmaterial för framtida förädling av foderarter. Det är värt att notera att resultat från sortförsök av vall i Sverige sällan publiceras i vetenskapligt granskad litteratur. Därför inkluderades svenska publikationer som inte är fackgranskade men som innehåller statistisk analys av resultaten i denna översikt. Utvärderingar i fält under olika förhållanden är avgörande för att fastställa hur arter och genotyper fungerar i olika miljöer och för att bedöma interaktioner mellan genotyp och miljö (GxE), som är vanliga (t.ex, [1–3], [54]). Endast 18 publikationer (25 % av det totala antalet) genomförde dock utvärderingar på mer än en plats, och endast sex i mer än ett land. Detta är en kritisk begränsning, vilken diskuteras senare. Svenska förädlingsförsök utfördes på 11 platser i Sverige [14]. Att jämföra specifik fenotypisk prestanda inom eller mellan arter ligger utanför ramen för denna granskning. Den fullständiga listan över publikationer per art finns dock i Tabell 1 för referens.

2.2.2 Egenskaper av intresse

Egenskaper som är av intresse vid förädling inkluderar produktivitet, motståndskraft mot sjukdomar, vinteröverlevnad, återväxtförmåga och fodrets näringsvärde (kvalitet). Egenskaper som utvärderats i fältstudier före förädling eller i förädlingsförsök sammanfattas i tabell 2. Som väntat är avkastningen i torrsubstans den egenskap som oftast utvärderas för alla arter. Överraskande nog rapporteras foderkvalitet mycket mer sällan, även om det är en mycket viktig egenskap och rangordningen av sorter baserat på fodrets smältbarhet stämmer inte alltid överens med den totala avkastningen (t.ex, [34]). Ungefär hälften av studierna som inkluderar olika gräsarter rapporterar någon indikator på foderkvalitet (t.ex. protein, fiber, smältbarhet), medan två tredjedelar av studierna av baljväxtarter rapporterar om foderkvalitet (Tabell 2).

Tabell 2 Sammanfattning av antalet publikationer som rapporterar olika egenskaper som utvärderats i fältstudier per foderart och totalt antal publikationer per art. Egenskaperna är Avkastning (kg ts/ha), foderkvalitet (en eller flera kemiska parametrar, t.ex. CP, NDF).

Arter	Avkastning	Foderkvalitet	Vinteröverlevnad	Sjukdom	Avkastning av utsäde	Plantans höjd	Återväxt	Utveckla.	Övriga	Totalt
Eng. rajgräs	17	12	17	7	3	5	7	10	6	23
Timotej	12	8	9	2	0	2	2	10	7	16
Ängssvingel	11	8	8	3	0	1	1	9	3	16
Festulolium	14	11	8	2	0	1	1	7	3	16
Hundäxing	6	6	5	1	0	1	0	5	1	10
Andra gräs	6	6	5	0	2	2	1	5	0	11

Rödklöver	13	11	10	3	6	3	0	8	5	18
Vitklöver	10	9	10	1	3	4	1	8	10	16
Lusern	9	6	6	2	2	2	1	5	2	9
Andra baljväxter	8	7	6	2	2	2	0	6	0	8

Uthållighet, definierat som beståndets livslängd (t.ex. antal år), är en egenskap av stor betydelse, men ingen studie rapporterade uttryckligen om uthållighet. Fenotypisk utvärdering av beståndets uthållighet är komplex, eftersom många faktorer påverkar uthålligheten. I de nordiska länderna är de viktigaste begränsande faktorerna de påfrestningar som drabbar plantorna under vintern, och därför är vinteröverlevnad en viktig egenskap som utvärderas i de flesta studier [52]. Vinteröverlevnad är också en komplex egenskap som beror på motståndsmekanismerna mot de olika påfrestningar som växterna utsätts för under vintern, t.ex. frysning, isbildning, jordrörelser, vattenmättnad, torka, svamppatogener och brist på ljus [52, 64]. Hög GxE-interaktion för vinteröverlevnad hittades i en studie som utvärderade 48 populationer av rödklöver i de nordiska länderna, och på endast en plats fann man att frystolerans var korrelerad med vinteröverlevnad, vilket tyder på att andra stressfaktorer också är viktiga för vinteröverlevnad [52]. Frystolerans är positivt associerad med totala mängden icke-strukturella kolhydrater hos timotej, medan motståndskraft mot svamppatogenen snömögel (*Typhula*), är positivt associerad med fruktaninnehållet, och vissa sorter är resistenta mot båda stressfaktorerna [22]. Hos fleråriga foderväxter styrs den fysiologiska förberedelsen för övervintring som sker på hösten (dvs. acklimatiseringen) av temperatur och dagslängd och är avgörande för överlevnaden under vintern. När vit- och rödklöverplantor inte kan acklimatisera sig på grund av en snabb temperatursänkning på hösten, observeras genetiska förändringar i populationen [67]. Flera studier på vitklöver visar att det är möjligt att samtidigt selektera för vinteröverlevnad/vinterhärdighet och högre skörd under nordliga förhållanden [62, 66]. I en studie som inkluderade 166 korsningar av vitklöver på Island och i Norge [62] fann man stora variationer i bladstorlek, vinteröverlevnad och fettsyraprofiler mellan familjerna. En annan studie av elva populationer av vitklöver på två platser i Norge [66] visade att bladhöjden hade positiva direkta och indirekta effekter på avkastningen av torrs substans, vinteröverlevnad och längden på internoden.

Flera sjukdomar har utvärderats i både före förädling och föräldningsstudier i fält. För rödklöver har frost- och snömögelssvampar [53], och klöverbränna klöverrost och mjöldagg [44] rapporterats. I lusern (*Medicago sativa*) utvärderades sclerotinia, kron- och svartrost, bladmögel, bladfläcksjuka orsakad av *Phoma medicaginis* [69, 71]. I studier som tittat på gräs t.ex. var kronrost, stängelrost och bladfläckar de viktigaste sjukdomarna som utvärderades [1–3, 26]. Hög arvbarhet konstaterades för rostresistens hos engelskt rajgräs på sju platser i Europa (från Danmark till

Frankrike) [2]. Högpresterande rajgrässorter visade hög resistens mot kron- och svartrost, och överlag presterade tetraploida sorter bättre än diploida [3].

Andra egenskaper som utvärderades var växtmorfologiska egenskaper (längd och vikt på blad, stjälkar, stoloner, rhizomer, förhållandet mellan blad och stjälk, rötter etc.) och biokemiska egenskaper (t.ex. HCN-cyanogena glykosider i vitklöver [56, 57], fettsyraprofil i stoloner av vitklöver [74], fruktaner i engelskt rajgräs [1], icke-strukturella kolhydrater i timotej [22] och vernaliseringseffekter hos timotej [13, 20, 21]). Tolerans mot abiotiska påfrestningar, som torka eller översvämning, har inte rapporterats.

2.2.3 Förädlingsmetoder

Få studier fokuserade på utvärdering av förädlingsmetoder [33, 34, 54], karakterisering av genetisk variation [2, 65], associationskartläggning [4] eller genomisk selektion [1, 3]. Den relativa framgången för olika förädlingsmetoder utvärderades för vissa vallväxter. Till exempel visade rödklöversorter som utvecklats genom korsbefruktnings där moderplantan är känd och hanplantor av olika ursprung används i öppen befruktning 19 % högre avkastning än de som erhöles genom återkommande fenotypiskt urval på tre platser (Danmark, Tjeckien och Frankrike), även om GxE var signifikant [54]. *Festulolium* (hybrider av svingel och rajgräs) som utvecklats genom en allotetraploidförädlingsmetod av engelskt rajgräs och ängssvingel uppnådde högre avkastning och vinterhärdighet än hybriddiploiderna och föräldrarna på två platser i Norge [34]. En förädlingsmetod som kombinerar frystester med mätningar av hög fotosyntetisk aktivitet under köldacklimatisering (genom klorofyll-a fluorescens) var det bästa alternativet för urval av vinterhärdiga och välpresterande populationer av *festulolium* i nordiskt klimat [33]. Slutligen var det möjligt att genomföra genomiskt urval i förädlingsprogram för rajgräs [2] med tanke på de höga arvbarheter som observerats, och höga noggrannheter för genomisk prediktion observerades [1]. Med hjälp av GxE-interaktionsanalys och identifiering av miljöer där sorterna presterar på liknande sätt, var det möjligt att förutsäga rajgrässorternas prestanda med hög noggrannhet för sjukdomsresistens [3].

2.2.4 Slutsatser och kunskapsluckor

Flera starka områden, liksom kunskapsluckor, identifierades i denna litteraturöversikt. För det första finns det kapacitet och erfarenhet i alla länder för fenotypisk karakterisering av arter, sorter och populationer. Samordnade internationella försök i flera miljöer för att bättre karakterisera GxE i komplexa kvantitativa egenskaper saknas dock i allmänhet för de flesta arter. För det andra har forskningen om vallväxtförädling i regionen fokuserat på viktiga arter som engelskt rajgräs, rödklöver, vitklöver, timotej, ängssvingel och *festulolium*.

Forskning och utvärdering av anpassning och produktivitet hos nya arter, särskilt baljväxter, för att diversifiera foderproduktionen är en annan brist. För det tredje har avkastningen för vallväxter, vinteröverlevnad och sjukdomsresistens varit huvudfokus i de tidigare studierna. Att integrera foderkvalitet i studier med fokus på förädling är en annan relevant aspekt som saknas. Slutligen har förståelsen för vinteröverlevnad med rätta varit ett stort fokus inom forskningen, men motståndskraft mot torka och översvämningar är också viktiga frågor för att förädla för uthållighet i ett förändrat klimat.

2.2.5 Referenser

1. Fe, D., et al., Accuracy of Genomic Prediction in a Commercial Perennial Ryegrass Breeding Program. *Plant Genome*, 2016. **9**(3): p. 12.
2. Fe, D., et al., Genetic and Environmental Variation in a Commercial Breeding Program of Perennial Ryegrass. *Crop Science*, 2015. **55**(2): p. 631-640.
3. Fois, M., et al., Genomic Prediction and Genotype-by-Environment Interaction Analysis of Crown and Stem Rust in Ryegrasses in European Multi-Site Trials. *Agronomy-Basel*, 2021. **11**(6): p. 19.
4. Aleliunas, A., et al., Association of single nucleotide polymorphisms in LpIRI1 gene with freezing tolerance traits in perennial ryegrass. *Euphytica*, 2015. **204**(3): p. 523-534.
5. Kemesyte, V., et al., Evaluation of *Lolium perenne* L. wild ecotypes of Ukrainian origin in Lithuania. *Agronomy Research*, 2010. **8**: p. 615-624.
6. Kemešytė, V., et al., Morphological variation between perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) natural ecotypes. 2014. 81-84.
7. Nekrosas, S., Comparison of early and late diploid breeding lines and varieties of perennial ryegrass. *Zemes ukio Mokslai*, 2003(3): p. 53-60.
8. Nekrosas, S., Perennial ryegrass herbage, dry matter yield and other parameters in relation to plant disease incidence. *Biologija*, 2003(2): p. 62-64.
9. Nekrosas, S., Use of self-pollination in perennial ryegrass breeding. *Zemes ukio Mokslai*, 2005(4): p. 44-51.
10. Dabkeviciene, G., et al., Autopolyploids in fodder grass breeding: induction and field performance. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2017. **15**(4): p. 7.
11. Rancane, S., et al., Assessment of *Lolium perenne* tetraploid clones produced from a diverse diploid breeding population. *Zemdirbyste-Agriculture*, 2021. **108**(1): p. 35-42.
12. Rancane, S., et al., Assessment of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) genotypes under Latvia agro-ecological conditions. Annual 27th International Scientific Conference: "Research for Rural Development 2021", Jelgava, Latvia, 12-14 May 2021, 2021. **36**: p. 7-14.
13. Seppanen, M.M., et al., The role of vernalization in freezing tolerance and tiller composition of forage grasses. 2013, Department of Agricultural Sciences, University of Helsinki, Helsinki, Finland. Borgarnes, Iceland: Agricultural University of Iceland. 297-299.

14. Halling, M., et al., Vallväxter till slåtter och bete samt grönfoderväxter : sortval för södra, mellersta och norra Sverige 2020/2021. 2021, SLU.
15. Halling, M. and S. Larsson, Vallväxter till slåtter och bete samt grönfoderväxter. 2017, SLU.
16. Halling, M., Vallväxter till slåtter och bete samt grönfoderväxter. Sortval för södra och mellersta Sverige 2012/2013. 2012, SLU.
17. Halling, M., Sortval i ekologisk vallodling 2004-2009. Sortförsök i timotej, ängssvingel, rörsvingel, rörsvingelhybrid, engelskt rajgräs och rajsvingel. 2010, SLU.
18. Halling, M., Vallväxter till slåtter och bete samt grönfoderväxter. Sortval för södra och mellersta Sverige 2008/2009. 2008, SLU.
19. Halling, M. and L. Wigh, Sortval i ekologisk vallodling. Sortförsök 2003-2007 i timotej, ängssvingel, rajsvingel och engelskt rajgräs 2008, SLU.
20. Seppanen, M.M., et al., Genotypic variation in vernalisation response and autumn growth in forage grass species. 2015, Department of Agricultural Sciences, University of Helsinki, Helsinki, Finland. Wageningen, Netherlands: Wageningen Academic Publishers. 316-318.
21. Seppanen, M.M., et al., Vernalization response of *Phleum pratense* and its relationships to stem lignification and floral transition. *Ann Bot*, 2010. **106**(5): p. 697-707.
22. Isolahti, M. and O. Nissinen, Role of storage carbohydrates in hardening and resistance of timothy genotypes to frost and *Typhula* spp. 2004, Zurich, Switzerland: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich. 434-436.
23. Virkajarvi, P., et al., Does tiller type distribution explain the differences in yield and nutritive value of timothy genotypes? 2010, MTT Agrifood Research Finland, FIN-31600 Jokioinen, Finland, Finland. Duderstadt, Germany: Mecke Druck und Verlag. 572-574.
24. Larsen, A., et al., Evaluation of local populations for timothy breeding. 2001, The Norwegian Crop Research Institute, Norway. Azores, Portugal: Department of Agricultural Science, University of Azores. 46-50.
25. Bumane, S. and P. Berzins, Development of new forage grass varieties at the Skrīveri Research Institute of Agriculture. *Agromijas Vestis*, 2008(11): p. 43-46.
26. Lemeziene, N. and E. Lemezis, Evaluation of morphological characters and valuable agronomic traits of common timothy (*Phleum pratense* L.) R0 and R1 regenerants. *Biologija*, 2003(1): p. 66-68.
27. Kanapeckas, J., Resistance of meadow fescue wild ecotypes to foliar diseases. *Biologija*, 2001(3): p. 24-26.
28. Kanapeckas, J., P. Tarakanovas, and N. Lemeziene, Variability, heritability and correlations of genetic resources in meadow fescue. *Biologija*, 2005(3): p. 10-14.
29. Kanapeckas, J., Development of meadow fescue late breeding material based on local populations. *Latvijas Lauksaimniecības Universitāte - Raksti*, 2006(16): p. 25-29.

30. Butkute, B. and V. Paplauskienė, Forage quality potential of perennial grasses *Daugiamėčių varpinių žolių pašarinės vertės potencialas*. *Zemdirbystė, Mokslo Darbai*, 2006. **93**(3): p. 172-187.
31. Berzins, P., et al., Current events in perennial grass breeding. 2014, Latvijas Lauksaimniecības Universitātes Agentūra "Zemkopības Zinātniskais Instituts", Jelgava, Latvia. Jelgava, Latvia: Latvijas Lauksaimniecības Universitāte (LLU). 87-92.
32. Fjellheim, S., et al., Phenotypic variation in local populations and cultivars of meadow fescue - potential for improving cultivars by utilizing wild germplasm. *Plant Breeding*, 2007. **126**(3): p. 279-286.
33. Østrem, L., et al., Chlorophyll a fluorescence and freezing tests as selection methods for growth cessation and increased winter survival in * *Festulolium*. *Frontiers in Plant Science*, 2018. **9**: p. 1200.
34. Østrem, L., B. Volden, and A. Larsen, Morphology, dry matter yield and phenological characters at different maturity stages of X *Festulolium* compared with other grass species. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 2013. **63**(6): p. 531-542.
35. Nekrosas, S. and A. Sliesaravicius, Investigation of intergeneric ryegrass-fescue hybrids produced by various crossing combinations. *Zemes ūkio Mokslai*, 2004(3): p. 20-27.
36. Nekrosas, S., P. Tarakanovas, and A. Sliesaravicius, The new *Festulolium* varieties. *Zemdirbystė (Agriculture)*, 2007. **94**(1): p. 150-159.
37. Berziņš, P., et al., Yield and genetic composition of Latvian × *Festulolium* cultivars and breeding material. 2018. 62-66.
38. Rancane, S., et al., Breeding of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) with improved forage quality. 2016, LLU Institute of Agriculture, Zemkopības inst., Latvia. Ås, Norway: Nibio. 314-316.
39. Tarakanovas, P., Dry matter yield stability in cocksfoot varieties. *Zemes ūkio Mokslai*, 2004(3): p. 8-14.
40. Tarakanovas, P. and M. Chomiak, Evaluation of dry matter yield and its stability for cocksfoot varieties (*Agriculture*), 2008. **95**(1): p. 153-161.
41. Tarakanovas, P., J. Kanapeckas, and N. Lemežiene, Studies of intertrait correlations in cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). *Zemdirbystė, Mokslo Darbai*, 2006. **93**(4): p. 306-313.
42. Tarakanovas, P., S. Nekrosas, and V. Kemesyte, Assessment of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) varieties differing in the rhythm of development from the viewpoint of breeding. *Zemdirbystė, Mokslo Darbai*, 2006. **93**(3): p. 119-130.
43. Dabkevičienė, G., et al., Production of slender cocksfoot (*Dactylis polygama* H.) tetraploid populations and their assessment for agromorphological characteristics. *Zemdirbystė-Agriculture*, 2013. **100**(3): p. 303-310.
44. Bukauskaitė, J., et al., Resistance of diploid and tetraploid red clover (*Trifolium pratense* L.) to mildew (*Erysiphe trifolii*), anthracnose (*Kabatiella caulivora*) and rust (*Uromyces trifolii*). *Zemes ūkio Mokslai*, 2014. **21**(3): p. 109-119.

45. Petrauskas, G., E. Norkeviciene, and K. Jaskune, Breeding of red clover for ingredient in functional food. AASW'19, 18th Alps-Adria Scientific Workshop, Cattolica, Italy, 1-6 April 2019. Abstract book, 2019: p. 128-129.
46. Petrauskas, G., V. Stukonis, and E. Norkeviciene, Defining a phenotypic variability and productivity in wild type red clover germplasm. Journal of Agricultural Science (Toronto), 2020. **12**(9): p. 52-61.
47. Vilcinskas, E., et al., The productivity of early type red clover (*Trifolium pratense*) varieties and breeding lines. 2008, Lithuanian Institute of Agriculture, Plant Breeding, Akademija, Lithuania. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences. 350-352.
48. Jansone, B., et al., Wild populations of red clover and their agro-morphological characteristics in Latvia climate condition. 2008, Research Institute of Agriculture, Skriveri, Zemkopibas Inst. 7, LV-5125, Latvia. Valencia, Spain: Editorial Universidad Politecnica de Valencia. 143-146.
49. Rebane, A., S. Rancane, and A. Jansons, The evaluation of red clover plants obtained in field conditions by using biotechnological methods. 2019, Jelgava, Latvia: Latvijas Lauksaimniecibas universitate, Lauksaimniecibas fakultate. 62-66.
50. Bender, A., et al., Characteristics of red clover (*Trifolium pratense* L.) populations collected in West- and North-West Estonia. 2012, Jogeve Plant Breeding Institute, Jogeve 48 309, Estonia. Poznan, Poland: Polskie Towarzystwo Lakarskie (Polish Grassland Society). 338-340.
51. Tamm, S. and A. Bender, Assessment of a tetraploid red clover collection in Estonia. 2007, Wageningen, Netherlands: European Association for Research on Plant Breeding (EUCARPIA). 226-229.
52. Zanutto, S., et al., Trait characterization of genetic resources reveals useful variation for the improvement of cultivated Nordic red clover. Journal of Agronomy and Crop Science, 2021. **207**(3): p. 492-503.
53. Helgadóttir, Á., et al., Prebreeding of Red Clover (*Trifolium pratense* L.) for Northern Areas. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science, 2000. **50**(3): p. 187-190.
54. Jaluvka, L., et al., Comparison of breeding methods for forage yield in red clover. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 2009. **57**(2): p. 45-52.
55. Butkute, B., et al., Forage yield and quality potential of different white clover forms. 2007, Lithuanian Institute of Agriculture, LT-58344 Akademija, Kedainiai Distr., Lithuania. Merlbeke, Belgium: Belgian Society for Grassland and Forage Crops. 158-161.
56. Paplauskiene, V. and B. Butkute, The contents of feeding value components and cyanogenic glycosides in white clover forms and genotypes. Zemdirbyste, Mokslo Darbai, 2006. **93**(3): p. 158-171.
57. Paplauskiene, V. and A. Sprainaitis, Variability of cyanogenic glucoside content in white clover plants. Biologija, 2003(1): p. 85-88.

58. Tarakanovas, P. and A. Sprainaitis, Yield stability of white clover (*Trifolium repens* L.) cultivars and breeding populations. Vagos, 2006(72): p. 61-65.
59. Vilcinskas, E. and G. Dabkeviciene, Qualitative and quantitative characteristics of clover (*Trifolium* spp.) species in the first year of growing. Zemdirbyste-Agriculture, 2009. **96**(4): p. 170-180.
60. Vilcinskas, E. and G. Dabkeviciene, Yield structure and dry matter qualitative characteristics of clover (*Trifolium* spp.) species. Zemes ukio Mokslai, 2010. **17**(1): p. 18-24.
61. Helgadóttir, A. and S. Dalmannsdóttir, Adaptation of white clover (*Trifolium repens* L.) to a cool and short growing season. 2004, Agricultural Research Institute (RALA), Keldnaholt, IS-112 Reykjavik, Iceland. Zurich, Switzerland: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich. 395-397.
62. Helgadóttir, A., et al., Combining winter hardiness and forage yield in white clover (*Trifolium repens*) cultivated in northern environments. Ann Bot, 2008. **102**(5): p. 825-34.
63. Dzene, I., et al., The study of variability of agro-morphological characteristics of white clover accessions from other countries in Latvian climate conditions. Agronomy Research, 2010. **8**: p. 537-544.
64. Finne, M.A., O.A. Rognli, and I. Schjelderup, Genetic variation in a Norwegian germplasm collection of white clover (*Trifolium repens* L.) - 1. Population differences in agronomic characteristics. Euphytica, 2000. **112**(1): p. 33-44.
65. Finne, M.A., O.A. Rognli, and I. Schjelderup, Genetic variation in a Norwegian germplasm collection of white clover (*Trifolium repens* L.) - 2. Genotypic variation, heritability and phenotypic stability. Euphytica, 2000. **112**(1): p. 45-56.
66. Finne, M.A., O.A. Rognli, and I. Schjelderup, Genetic variation in a Norwegian germplasm collection of white clover (*Trifolium repens* L.) - 3. Correlation and path coefficient analyses of agronomic characters. Euphytica, 2000. **112**(1): p. 57-68.
67. Collins, R.P., et al., Temporal changes in population genetic diversity and structure in red and white clover grown in three contrasting environments in northern Europe. Ann Bot, 2012. **110**(6): p. 1341-50.
68. Liatukiene, A., Genetic variability of the most important traits in alfalfa cultivars under Lithuanian conditions - Breeding Grasses and Protein Crops in the Era of Genomics. 2018. 67-72.
69. Liatukiene, A. and Z. Liatukas, Downy Mildew Reaction of Alfalfa Accessions of Different Geographical Origin under Lithuanian Conditions. International Journal of Agriculture and Biology, 2014. **16**(5): p. 905-910.
70. Liatukiene, A., Z. Liatukas, and V. Ruzgas, Winterhardiness as the key factor for selecting accessions of *Medicago sativa* L. high-yielding germplasm. Biologija, 2008. **54**(2): p. 129-133.
71. Liatukiene, A., Z. Liatukas, and V. Ruzgas, Reaction of the Lithuanian Alfalfa Breeding Populations to Phoma Medicaginis under Cool Temperate Climate Conditions. Pakistan Journal of Botany, 2015. **47**(3): p. 919-925.

72. Svirskis, A., The performance of lucerne varieties and accessions of Estonian origin in Lithuanian agroclimatical conditions. *Zemdirbyste (Agriculture)*, 2007. **94**(4): p. 20-28.
73. Bender, A. and S. Tamm, Natural lucerne populations of Estonia: yielding ability, herbage quality and prospective ways of use. 2010, Jogeve Plant Breeding Institute, 48 309, Jogeve, Estonia. Duderstadt, Germany: Mecke Druck und Verlag. 199-201.
74. Collins, R.P., et al., Variation amongst survivor populations of white clover collected from sites across Europe: growth attributes and physiological responses to low temperature. *Ann Bot*, 2002. **89**(3): p. 283-92.

2.3 Klimatrelaterad tillväxt och påfrestningar

Cecilia Palmborg, Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU

2.3.1 Inledning

Klimatförändringarna leder till längre växtsäsonger på nordiska breddgrader. Detta ger potential för ett ökat antal vallskördar, odling av arter och sorter från sydligare områden och högre total skördad biomassa per år. Extremväder förutspås dock öka med längre perioder av torka och värme samt större risk för kraftiga regn. Dessutom kan storskaliga förändringar i jordsystemet leda till brytpunkter med snabba förändringar i klimatet, t.ex. en möjlig kollaps av Golfströmmen med påföljande kallare klimat i de nordiska länderna. Vinteröverlevnaden för fleråriga grödor kan både öka och minska eftersom den beror på flera faktorer som ljus- och temperaturförhållanden under vinterhärddningen, snötäcke, vintertemperaturer och ibland is. En faktor att ha i åtanke är att klimatforskarna på senare tid har märkt att uppvärmningen av jorden har gått snabbare än vad deras modeller visar. Detta gör jordbrukets anpassning till klimatförändringarna till en ännu viktigare fråga, och vi måste förbereda oss för många olika scenarier.

2.3.2 Samtida konsekvenser av klimatvariationer och klimatförändringar

Ett sätt att bedöma konsekvenserna av klimatförändringarna är att titta på konsekvenserna av historiska vädervariationer och de senaste klimatförändringarna. I Tromsø i Nordnorge hade temperaturen i maj ökat betydligt mellan 1989 och 2014, men detta påverkade inte vallskördarna nämnvärt [1]. I samma område påverkades höskörden starkt negativt av tjockleken på markisen, men inte av tjäldjupet i marken [2]. Isiga, snöfattiga förhållanden förutspås bli vanligare i området. Klimatförändringar som inträffade 1980–2017 orsakade däremot en dramatisk ökning, mer än en fördubbling, av avkastningen av timotej (*Phleum pratense*) och ängssvingel (*Festuca pratensis*) i Rovaniemi i norra Finland. Detta berodde på både bättre vinteröverlevnad och varmare växtsäsonger med fler graddagar [3].

För alla jordbruksområden i Finland användes data från den finska sortprovnings 1979–2012 för att få en överblick över skördekonsekvenserna av olika klimatförhållanden [4] [5]. För rödklöver (*Trifolium pratense*) och vissa sydliga timotejsorter var en hög temperatur under växtsäsongen positiv, men hög temperatur var negativ för ängssvingel och varierande för rörsvingel (*Festuca arundinacea*) och festuloliumhybrider ($\times$ *Festulolium*). En regnig frosthärddningsperiod var positiv för festulolium och rörsvingel men negativ för timotej, medan rödklöver reagerade positivt på en regnig återväxtperiod och en kall

frosthärtningsperiod. Mer än sex dagar med temperaturer över 25° C efter förstaskörden var negativt för de flesta arter, men inte för rödklöver, och för de andra arterna var responsen beroende av jordtyp, med mest negativa effekter på lerjordar vilka är vanligare i södra Finland [6].

I en databas med försök med baljväxtsorter i Skandinavien, Baltikum, Tyskland och Storbritannien förklarade antalet graddagar under återväxtperioden en stor del av den totala skörden av vitklöver, med högre totalskördar på varmare platser och under varmare årstider. Den totala avkastningen av rödklöver förklarades både av ackumulerade graddagar, vilket var positivt, och vallålder, vilket var negativt. Rödklöver var den minst uthålliga och lusern (*Medicago sativa*) den mest uthålliga baljväxten i studien [7].

2.3.3 Förutsedda framtida konsekvenser för klimatet

Klimatsimuleringar fram till 2099 förutspår att avkastningen av timotej kommer att öka på platser över hela Norge. Detta berodde på ökande temperatursummor, nederbörd och antal skördar under växtsäsongen. Biomassan kan dock bli svårare att skörda på vissa platser på grund av kortare torrperioder och mycket nederbörd, särskilt under de senare skördarna [8]. I en annan studie förutspåddes avkastningen från timotej öka till 2070–2099 för tre platser spridda över Norge, både på grund av att en tredje skörd blir lönsam och, på vissa platser, på grund av minskad torkstress i den första skörden [9].

Vinterhärtningsperioden på sex norska platser förutspåddes förkortas i tre olika klimatförändringsscenarier, men risken för frostsador skulle fortfarande vara mindre än nu på grund av mindre allvarliga frostperioder. Risken för isbeläggning ökade endast på en plats. Modellerna förutspådde att engelskt rajgräs (*Lolium perenne*) kommer att bli möjligt att odla i en större del av Norge än nu [10].

Klimatförändringsscenarier från 14 platser i Norden och Baltikum 2040–2065 visade ökande växtsäsongstemperatur och potentiell evapotranspiration för alla platser och ökande nederbördssumma för alla platser utom en. Den optimala tiden för första skörden var 8–20 dagar tidigare än referensperioden och ytterligare en skörd kunde tas på alla platser. Starten på vinterhärtningen var 5–20 dagar senare och varaktigheten av >10 cm snötäcke kortare på alla platser med de största skillnaderna i norr. Risken för vintersador på timotej ökade på vissa platser i öster på grund av mindre snö, medan resultaten för engelskt rajgräs var mycket varierande med både ökade och minskade risker [11].

2.3.4 Tolerans mot torka

Gräsarter skiljer sig åt i sin förmåga att tolerera torka. Fodergräs som utvärderades i ett danskt försök med regnskyddade parceller och bevattnade kontrolltytor visade att de mest högavkastande sorterna under kontrollförhållanden,

hundäxing (*Dactylis glomerata* cv. 'Sevenop') och rörsvingel cv. 'Jordane' och 'Kora', också var de mest högavkastande under torka. Festulolium cv. 'Hykor' och hundäxing cv. 'Amba' var mindre produktiva i den bevattnade kontrollen men förlorade inte mycket tillväxt under torkan. Alla gräs visade kompensatorisk tillväxt efter torkan, vilket totalt sett gav en ökad effektivitet i vattenanvändningen i de torkbehandlade parcellerna [12]. Inte alla festulolium är torktåliga. Två festulolium-sorter som härstammar från korsningar mellan ängssvingel och engelskt rajgräs var känsliga för torka och hade dålig vinteröverlevnad under den andra vintern. Långa höstar möjliggjorde dock en fjärde skörd, vilket gav hög avkastning under den första skördesäsongen [13].

Tetraploida sorter av både italienskt rajgräs (*Lolium multiflorum*) [14] och engelskt rajgräs [15] har visat sig vara mer högavkastande under torkstress än diploida sorter.

2.3.5 Vinterskador/tolerans

Jämförelser mellan arter

Mekanismerna bakom frosttolerans är viktiga när modeller för klimatförändringar utvärderas. Timotej hade en högre tolerans mot isbildning och frost än engelskt rajgräs, och hos båda arterna var sorter med ett nordligare ursprung också mer vintertoleranta. Hos timotej var detta kopplat till en långsammare utarmning av växtens förråd av vattenlösliga kolhydrater under isbeläggning [16]. Den mest frosttåliga sorten, 'Engmo', hade högre frosttolerans även efter avhärdning [17]. Engelskt rajgräs och timotej som såddes i juli hade bättre frosttolerans under den följande våren än de som såddes i maj i ett försök i västra Norge. Detta verkade bero på att de yngre växterna innehöll mer sackaros, särskilt under den tidiga våren [18]. Frostbehandlingar av timotej och engelskt rajgräs utlöste kompensatorisk återväxt under vintern i rötter och vegetation [19].

Mekanismer för vinteranpassning studerades hos tio sorter av ängssvingel, engelskt rajgräs och festulolium. Vinteröverlevnaden var negativt korrelerad med bladens förlängningshastighet på hösten på en sydligare plats i Norge, men inte längre norrut. På båda platserna var vinteröverlevnaden under det första året positivt korrelerad till fotosyntetisk aktivitet före vintern [20]. På samma sätt överlevde ängssvingel och rörsvingel vintern bättre än de flesta rajgräshybrider på nordligare platser i Skandinavien, eftersom de senare inte slutade växa tillräckligt tidigt på hösten. Festulolium-sorten 'Hykor', som ligger närmast rörsvingel, visade dock god vinteröverlevnad på alla platser utom Island. Rajgräshybrider med ängs- och rörsvingel uppvisade en högre produktionspotential på de mer gynnsamma platserna (Sverige, Danmark och i viss mån Norge). [21].

Flera gräs- och klöverarter testades på platser från Grönland till Mellansverige. De testade timotej- och hundäxingssorterna var vinterhårdiga på alla platser, medan engelskt rajgräs, festulolium och ängssvingel endast överlevde på de mer gynnsamma platserna [22].

Torvjordar kan innebära särskilda utmaningar för vinteröverlevnaden. De flesta gräs, särskilt sorter av svingel, festulolium och rörflen (*Phalaris arundinacea*), som odlats på torvjord i Estland överlevde inte en mycket kall vinter. Endast foderlost (*Bromus inermis*) överlevde mycket bra och i blandningar kan det ta över när timotejen minskar efter tre år [23].

Engelskt rajgräs

Engelskt rajgräs är mycket produktivt och tillför god kvalitet till fodret där det kan odlas. I många delar av de nordiska och baltiska länderna anses det dock inte vara vinterhårdigt. På en torvmark i Estland uppvisade engelskt rajgräs dålig vinteröverlevnad [23]. Tjugotvå sorter av engelskt rajgräs testades på fem platser i utkanten av odlingsområdet i fem nordiska länder. Regionalt utvecklade sorter och diploida sorter hade bättre vinteröverlevnad och högre avkastning än mer sydliga sorter. Avkastningen var positivt korrelerad med växtsäsongens temperaturer, medan vinteröverlevnaden var negativt korrelerad med varma perioder och regn under vintern [24]. En gen som producerar ett protein som skyddar cellmembran från frysskador studerades i rajgräs i Litauen. Variation i denna gen kan användas i växtförädlingen för att öka vintertoleransen [25].

I ett simulerat klimatförändringsexperiment med öppna kammare var den fleråriga rajgräskultivaren 'Riikka' mer frosttolerant än 'Gunne' och 2° C högre temperatur under hösten minskade frosttoleransen i december (med 1° C); ökad CO₂-koncentration hade dock ingen effekt på frosttoleransen [26].

Festulolium

Festulolium-sorterna 'Felina' och 'Hykor' hade den högsta avkastningen och god vinteröverlevnad i ett treårigt försök i Lettland. Avkastningen var högre än för rajgräshybriderna (*Lolium x boucheanum*). Det första skördeåret gav högre avkastning för alla sorter i ett system med tre skördar [27, 28].

Timotej

Variationen i avkastning på ett timotejfält i Finland berodde till stor del på vinterskador orsakade av is från snösmältningen i december. Parceller med 68 % vinterskador gav ungefär halva skörden i första skörden jämfört med parceller utan vinterskador, men skillnaden var mindre i andra skörden [29]. Hos timotej skedde vernalisering, kyla som stimulerar blommande skott, samtidigt med köldacklimatisering. Den nordligaste timotejsorten krävde vernalisering för att bilda blommande skott, till skillnad från andra timotejsorter. [30]. Djup markfrost

och låga temperaturer kan påverka timotejens tillväxt och proteininnehåll negativt även om sorten är vintertolerant [31].

Baljväxter

Sex populationer av vitklöver (*Trifolium repens*) utsattes för fältförhållanden i norra Norge och vinterförhållanden i laboratorium. Överlevnadsgraden i laboratoriet var en bra uppskattning av överlevnadsgraden i fält [32]. Mekanismerna för frosttolerans på Island för en norsk vitklöverpopulation jämfört med sorten 'Aberherald' var kopplade till högre innehåll av fettsyra linolsyra (C18:2) och högre innehåll av sackaros i stolonier i januari [33]. Vitklöver kan anpassas till det isländska klimatet genom korsningar mellan norska sorter och mer högavkastande sorter med sydligare ursprung [34].

En metod för att förvärva vintertolerans i populationer kan vara att de starkaste individerna överlever under fältförsök. Överlevnadspopulationer av norska sorter av vitklöver som odlats på Island hade bättre långsiktig prestanda än de ursprungliga populationerna [35]. På Island och i södra Sverige förändrades populationerna av vit- och rödklöver genetiskt under tre år, men de förlorade inte sin genetiska mångfald. Den största genetiska förändringen registrerades i Sverige, där hösttemperaturerna var lägre [36].

Konkurrens med andra arter påverkar också vinteröverlevnaden. Försök med två sorters vitklöver som odlades tillsammans med engelskt rajgräs på tre nordiska platser visade att klövernens bladnytta på hösten är avgörande för vårens tillväxt och att för mycket konkurrens från gräset var negativt för klövernens täckning på våren [37, 38].

Fyra lusernsorter utsattes för vinterförhållanden både på fält (norra Finland) och i laboratorium. Alla fyra hade en god vinteröverlevnad i fält, men den sort som hade den högsta frosttoleransen i laboratoriet producerade bättre under andra skördeåret. Frosttoleransen var kopplad till allokering av biomassa till rötterna och en högre koncentration av totala icke-strukturella kolhydrater under vintern [39]. Ett standardtest för att klassificera vinterhärdighet hos lusern används i Lettland [40]. I detta test var sorterna från de baltiska länderna mer vinterhärdiga än sorterna från USA.

Lusern hade bättre uthållighet och avkastning året därpå om den sista skörden inte gjordes mellan den 28 augusti och den 10 september i Estland. Denna period var kritisk i ett system med tre skördar och en senare tredje skörd gav bättre tillväxt året därpå [41].

2.3.6 Slutsatser och kunskapsluckor

De växtmaterial som nu används i de nordiska och baltiska länderna reagerar på olika sätt på torkstress och vinterförhållanden. Detta är lovande för möjligheterna

till framtida anpassning till förändrade klimatförhållanden. De flesta studier har dock fokuserat på vinterstress och det fanns få studier från de nordiska och baltiska länderna som identifierades genom denna granskningsprocess om torktolerans och inga om översvämningar. Växtsäsongen 2023, då stora delar av Sverige först hade en lång torkperiod under våren och försommaren, följt av kraftiga regn och översvämningar av viktiga jordbruksområden senare under sommaren, visar att tolerans mot torka och översvämningar hos fleråriga vallväxter är ett viktigt framtida forskningsområde. Rörflen är en art som har god tolerans för både torka och översvämningar, men tyvärr är foderkvaliteten låg.

2.3.7 Referenser

1. Golinski, P., et al., Relationship Between Climate Trends and Grassland Yield Across Contrasting European Locations. *Open Life Sci*, 2018. **13**(1): p. 589-598.
2. Bjerke, J.W., et al., Impacts of snow season on ground-ice accumulation, soil frost and primary productivity in a grassland of sub-Arctic Norway. *Environmental Research Letters*, 2015. **10**(9): p. 14.
3. Niemelainen, O., et al., Increase in perennial forage yields driven by climate change, at Apukka Research Station, Rovaniemi, 1980-2017. *Agricultural and Food Science*, 2020. **29**(2): p. 139-153.
4. Mäkinen, H., et al., Managing resilience of forage crops to climate change through response diversity. *Field Crops Research*, 2015. **183**: p. 23-30.
5. Mäkinen, H., et al., Gaps in the capacity of modern forage crops to adapt to the changing climate in northern Europe. *Mitig Adapt Strateg Glob Chang*, 2018. **23**(1): p. 81-100.
6. Mäkinen, H., et al., Shifts in soil-climate combination deserve attention. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2017. **234**: p. 236-246.
7. Halling, M.A., C.F.E. Topp, and C.J. Doyle, Aspects of the productivity of forage legumes in Northern Europe. *Grass and Forage Science*, 2004. **59**(4): p. 331-344.
8. Persson, T. and M. Höglind, Impact of climate change on harvest security and biomass yield of two timothy ley harvesting systems in Norway. *Journal of Agricultural Science*, 2014. **152**(2): p. 205-216.
9. Baadshaug, O.H., A.O. Skjelvag, and M. Trnka. Ley production potential as affected by climate change at high latitudes. in EGF. 2018. Fermoy, Irish Republic: Teagasc, Animal & Grassland Research and Innovation Centre.
10. Thorsen, S.M. and M. Höglind, Assessing winter survival of forage grasses in Norway under future climate scenarios by simulating potential frost tolerance in combination with simple agroclimatic indices. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2010. **150**(9): p. 1272-1282.
11. Höglind, M., S.M. Thorsen, and M.A. Semenov, Assessing uncertainties in impact of climate change on grass production in Northern Europe using

- ensembles of global climate models. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2013. **170**: p. 103-113.
12. Korup, K., et al., Biomass production and water use efficiency in perennial grasses during and after drought stress. *Global Change Biology Bioenergy*, 2018. **10**(1): p. 12-27.
 13. Kemesyte, V., K. Jaskune, and G. Statkeviciute, Festulolium field performance under fluctuating growing conditions in Lithuania. *Biologia Plantarum*, 2020. **64**: p. 821-827.
 14. Akinroluyo, O.K., et al., Drought stress response of Westerwolths ryegrass (*Lolium multiflorum* ssp. *multiflorum*) cultivars differing in their ploidy level. *Zemdirbyste-Agriculture*, 2020. **107**(2): p. 161-170.
 15. Kemesyte, V., G. Statkeviciute, and G. Brazauskas, Perennial Ryegrass Yield Performance under Abiotic Stress. *Crop Science*, 2017. **57**(4): p. 1935-1940.
 16. Höglind, M., et al., Tolerance to frost and ice encasement in cultivars of timothy and perennial ryegrass during winter. *Grass and Forage Science*, 2010. **65**(4): p. 431-445.
 17. Jørgensen, M., L. Østrem, and M. Höglind, De-hardening in contrasting cultivars of timothy and perennial ryegrass during winter and spring. *Grass and Forage Science*, 2010. **65**(1): p. 38-48.
 18. Østrem, L., et al., Effect of developmental stage on carbohydrate accumulation patterns during winter of timothy and perennial ryegrass. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 2011. **61**(2): p. 153-163.
 19. Østrem, L., et al., Impact of frost and plant age on compensatory growth in timothy and perennial ryegrass during winter. *Grass and Forage Science*, 2010. **65**(1): p. 15-22.
 20. Østrem, L., et al., Influences of growth cessation and photoacclimation on winter survival of non-native *Lolium-Festuca* grasses in high-latitude regions. *Environmental and Experimental Botany*, 2015. **111**: p. 21-31.
 21. Østrem, L., et al. Environmental impact on winter survival and production in non-native grasses in the Nordic countries. in *NJF*. 2015. Riga, LATVIA: Nordic Assoc Agricultural Scientists-Njf.
 22. Thorvaldsson, G., et al. Climatic adaptation of species and varieties of grass and clover in the West Nordic countries. in *EGF*. 2016. Ås, Norway: Nibio.
 23. Aavola, R. and J. Karelson, The dynamics of botanical composition of pure and mixed grass swards on peaty soil. *Agronomy Research*, 2010. **8**: p. 513-522.
 24. Helgadottir, A., et al., Adaptability and phenotypic stability of *Lolium perenne* L. cultivars of diverse origin grown at the margin of the species distribution. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2018. **204**(5): p. 493-504.
 25. Aleliunas, A., et al., Association of single nucleotide polymorphisms in LpIRI1 gene with freezing tolerance traits in perennial ryegrass. *Euphytica*, 2015. **204**(3): p. 523-534.
 26. Höglind, M., et al. Effect of increased autumn temperature and CO₂ concentration on frost hardening and winter survival in *Lolium perenne*. in

- International Grassland Congress 2008. Guangzhou, China: Guangdong People's Publishing House.
27. Gutmane, I. and A. Adamovich. Analysis of Festulolium and hybrid ryegrass (*Lolium * boucheanum*) dry matter yield stability. in EGF. 2008. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences.
 28. Gutmane, I. and A. Adamovich. Productivity and persistency of Festulolium and *Lolium * boucheanum* swards. in EGF. 2007. Merlbeke, Belgium: Belgian Society for Grassland and Forage Crops.
 29. Niemelainen, O., et al. Variability in herbage mass and chemical composition within a timothy sward. in International Grassland Congress. 2001. Sao Pedro, Brazil: Fundacao Estudos Agrarios Luiz Queiroz (Fealq).
 30. Seppanen, M.M., et al. The role of vernalization in freezing tolerance and tiller composition of forage grasses. in EGF. 2013. Borgarnes, Iceland: Agricultural University of Iceland.
 31. Gustavsson, A.M. and K. Martinsson, Analysis of growth and nutrition value in timothy using a dynamic model. Agricultural and Forest Meteorology, 2001. **107**(2): p. 83-101.
 32. Rapp, K. and O. Junttila, Heritability estimates of winter hardiness in white clover based on field and laboratory experiments. Acta Agricultura Scandinavica. Section B, Soil and Plant Science, 2000. **50**(3): p. 143-148.
 33. Dalmannsdottir, S., A. Helgadottir, and B.E. Gudleifsson, Fatty acid and sugar content in white clover in relation to frost tolerance and ice-encasement tolerance. Annals of Botany, 2001. **88**: p. 753-759.
 34. Helgadottir, A. and S. Dalmannsdottir. Adaptation of white clover (*Trifolium repens* L.) to a cool and short growing season. in EGF. 2004. Zurich, Switzerland: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich.
 35. Helgadottir, A., S. Dalmannsdottir, and R.P. Collins, Adaptational changes in white clover populations selected under marginal conditions. Annals of Botany, 2001. **88**: p. 771-780.
 36. Collins, R.P., et al., Temporal changes in population genetic diversity and structure in red and white clover grown in three contrasting environments in northern Europe. Ann Bot, 2012. **110**(6): p. 1341-50.
 37. Wachendorf, M., et al., Overwintering and growing season dynamics of *Trifolium repens* L. in mixture with *Lolium perenne* L.: A model approach to plant-environment interactions. Annals of Botany, 2001. **88**: p. 683-702.
 38. Wachendorf, M., et al., Overwintering of *Trifolium repens* L. and succeeding growth: Results from a common protocol carried out at twelve European sites. Annals of Botany, 2001. **88**: p. 669-682.
 39. Seppanen, M.M., et al., Growth, freezing tolerance, and yield performance of alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars grown under controlled and field conditions in northern latitudes. Canadian Journal of Plant Science, 2018. **98**(5): p. 1109-1118.

40. Gaile, Z., et al. Evaluation of winterhardiness in lucerne in Latvian conditions using an accelerated test. in EGF. 2003. Pleven, Bulgaria: Bulgarian Association for Grassland and Forage Production (BAGFP).
41. Lillak, R. and A. Linke. The influence of cutting system and soil conditions influence on persistence and productivity of lucerne. in EGF. 2003. Pleven, Bulgaria: Bulgarian Association for Grassland and Forage Production (BAGFP).

2.4 Sjukdomar och ogräs

David Parsons, Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU

2.4.1 Rotröta

Rotröta är en betydande sjukdom hos vallväxter i de nordiska länderna och orsakas av infektion från en rad markburna patogener; vanligtvis *Fusarium avenaceum*, *Phoma medicaginis* och *Cylindrocarpon destructans* [1]. Rotrötekomplexet är utbrett och är en viktig orsak till dålig uthållighet hos rödklöver, med minskad avkastning och kvävefixering över tid. Det är möjligt att minska effekterna av rotröta med hjälp av fungicider eller fumiganter [2] men detta är inte vanligt för vallodlingar.

Effekten av rotröta på vitklöver (*Trifolium repens*), rödklöver (*Trifolium pratense*), käringtand (*Lotus corniculatus*) och lusern (*Medicago sativa*) jämfördes i blandade gräs- och baljväxtvallar i ett fältförsök [3]. Rotröta förekom redan på hösten under etableringsåret, och efter två år var infektionen utbredd bland rödklöverplantorna. Trots att sjukdomen var mycket allvarlig fanns det fortfarande en stark förekomst av rödklöver i parcellerna, men under det tredje produktionsåret minskade rödklövern betydligt. Sjukdomsförekomsten hos de andra baljväxterterna var mindre än hos rödklöver.

I ett senare fältförsök undersöktes effekten av rotröta på uthålligheten hos samma baljväxter [4, 5]. Patogenerna förekom i alla arter, men sjukdomens allvarlighetsgrad var störst i rödklöver. Käringtand och lusern var mer toleranta mot patogenerna, medan vitklöver upprätthöll uthålligheten genom kontinuerlig tillväxt av nya stoloner. Det tredje skördeåret (2018) var extremt torrt, och lusern gav mycket högre avkastning än de andra arterna. Kombinationen av torktolerans och motståndskraft mot rotröta gör lusern till en intressant art som potentiellt kan odlas i ett större område än vad som för närvarande sker i Sverige.

I ett långliggande försök i norra Sverige [6] ingick rödklöver i en blandning av gräs och klöver i olika odlingssystem på tre platser. Korn följdes av två, tre eller fem år med vall. För behandlingarna med tre- och femåriga vallar skedde en kraftig minskning av klöverhalten under det tredje vallproduktionsåret, utan någon signifikant skillnad mellan systemen vid jämförelse inom skördeåren. Om denna minskning under det tredje året berodde på rotröta, vilket var hypotesen, räcker det inte med en längre period med andra grödor än vall i växtföljden för att minska effekten på rödklövernens uthållighet i vallarna.

2.4.2 Klöverröta

Klöverröta är en vanlig orsak till vinterskador och orsakas av svampen *Sclerotinia trifoliorum*. Även om infektionerna uppstår under sensommaren och

hösten är det under vintern som svampen växer systemiskt genom plantorna och in i rotsystemet. Den sprider sig ofta till närliggande plantor och skapar fläckar av döda plantor i fältet. Det är möjligt att kontrollera sjukdomen med fungicider, men inget preparat är för närvarande godkänt för detta ändamål i Sverige [7]. Klöverröta försvagar rödklöverplantor, vilket minskar avkastningen och dödar också plantor, vilket minskar planttätheten [7]. En studie på flera platser i Sverige [7] jämförde 10 rödklöversorter, och klöverröta registrerades på alla platser. Resistens var förknippad med tetraploidi, sen blomning och tidigare selektion för resistens. Rödklöverskörden påverkades av luckor i bestånden där plantorna hade dött. På en plats nära Östersund förekom mycket allvarliga skador av klöverröta, trots att rödklöver inte odlats där på över åtta år. Hypotesen var att angreppet kan ha upprätthållits av självsådd vitklöver.

Klöverröta kan potentiellt minimeras genom en växtföljd som inte inkluderar sådda eller osådda arter som upprätthåller angreppen, men den tidigare nämnda studien tyder på att denna skötselmetod inte alltid är effektiv. Växtförädling kommer även i fortsättningen att vara en mycket viktig mekanism för att minska effekterna av infektioner. Biologisk bekämpning av klöverröta har också undersökts [8], med hjälp av svampen *Coniothyrium minitans*, som säljs under namnet Contans WG. Forskningen visade att applicering av det biologiska bekämpningsmedlet under försommaren fördubblade antalet överlevande rödklöverplantor under det följande året.

Klöverröta är också den viktigaste sjukdomen som drabbar rödklöver i Litauen. Fältstudier [9] visade att utvecklingen av klöverröta var mycket beroende av väderförhållandena - gynnsamma förhållanden för sjukdomsutveckling var en fuktig höst och en varm fuktig vinter. Det är oklart hur framtida väderförhållanden i Sverige kommer att förändra betydelsen av klöverröta. Precis som i de svenska studierna var de sent eller medelsent blommande sorterna mer motståndskraftiga. Forskarna fann att tetraploida sorter var mer motståndskraftiga under det första produktionsåret, men inte under det andra året. Det är inte klart om det finns en konsekvent skillnad mellan tetraploider och diploider.

2.4.3 Andra sjukdomar

En svampsjukdom hos lusern som angriper alla delar av plantan orsakas av *Phoma medicaginis* var. *medicaginis*. En rad olika genotyper av lusern, gul lusern (*Medicago falcata*) och hybridlusern (*Medicago x varia*) jämfördes i ett fältförsök i Litauen [10]. Genotyperna uppvisade en rad olika grader av partiell resistens, vilket kan vara användbart vid resistensförädling.

I ett liknande försök i Litauen bedömdes 100 olika genotyper av lusern med avseende på resistens mot bladmögel (*Peronospora trifoliorum*) [11]. Bladmögel orsakar bladfläckar och identifieras vanligtvis genom den duniga grå tillväxten på undersidan av bladen. Genotyperna var mellan 10 % och 80 % mottagliga, vilket

tyder på att det finns potential för resistensförädling. De mest resistenta genotyperna kom från länder nära Litauen, inklusive Sverige.

Kron- och svartrost, som orsakas av *Puccinia*-arter, är sjukdomar som främst drabbar rajgräsarter. De är framför allt sjukdomar hos utsädesgrödor, men kan också drabba växter i den vegetativa fasen. I ett försök med italienskt rajgräs (*Lolium multiflorum*), hybridrajgräs (*Lolium x boucheanum*) och engelskt rajgräs (*Lolium perenne*) förekom svartrost nästan uteslutande på engelskt rajgräs [12]. Kronrost observerades oftare och för alla tre växtarterna. En studie av det norska fröföretaget Graminor [13] undersökte växtmaterial av engelskt rajgräs, hybridrajgräs, ängssvingel (*Festuca pratensis*) och festulolium ($\times$ *Festulolium*) på tre platser, bland annat i Danmark, med den största förekomsten av kronrost på en plats i Frankrike. I allmänhet var allt växtmaterial mottagligt för rost. På alla platser var festulolium minst angripen av rost, och den minst angripna genotypen var en korsning med rörsvingel (*Festuca arundinacea*). De två ängssvingelgenotyperna var från nordiskt material och hade inte tolerans mot rost. Försök där växtmaterial testas utanför sitt ursprungsområde är värdefulla eftersom de kan bidra till att visa skillnader i tolerans hos förädlingsmaterial, särskilt när det kommer från platser där sjukdomen inte är vanlig. Det förväntas att förhållandena för rost kan bli vanligare i och med klimatförändringarna, och därför bör rost inte ignoreras i förädlingsprogrammen.

Snömögel är en grupp svampar som kan orsaka sjukdomar hos växter under vintern. Den mest relevanta typen i de nordiska länderna är rosa snömögel (*Microdochium nivale*). Rosa snömögel infekterar olika delar av växten, både ovanför och under markytan, och infektionsprocessen påverkas av mikroklimatiska förhållanden, särskilt omgivande lufttemperatur och luftfuktighet. Till skillnad från andra snömögelarter behöver rosa snömögel dock inte snötäcke för att orsaka skada. Det är komplicerat att testa resistens mot snömögel, eftersom det är svårt att skilja det från andra vinterrelaterade stressfaktorer (biotiska och abiotiska), och det finns inget direkt samband mellan resistens mot snömögel och dessa andra stressfaktorer. Under milda vintrar kan resistens mot snömögel vara den viktigaste faktorn för att överleva vintern, och det är oklart hur sjukdomen kommer att påverkas av klimatförändringarna. I en studie i Nordnorge [14] bedömdes resistensen hos en rad olika festulolium, ängssvingel och engelskt rajgräs. I fältförsöket uppvisade både engelskt rajgräs och festulolium som hade utsatts för naturligt urval i Nordnorge (över 65°N) goda nivåer av vinteröverlevnad. Motståndskraften mot snömögel hos icke härdade plantor som testats under kontrollerade förhållanden var inte korrelerad med vinteröverlevnaden i fält. Detta kan tyda på att acklimatiseringen till kyla har stor betydelse för hur resistensen mot snömögel utvecklas. Växtförädling kommer sannolikt att förbli det viktigaste försvaret mot rosa snömögel.

2.4.4 Ogräs

Det fanns få vetenskapliga artiklar som fokuserade på ogräs i vallgrödor, och de tenderade att fokusera på fleråriga ogräs. Fleråriga ogräs kan vara särskilt viktiga i vallgrödor eftersom jordbearbetning inte används under de år vallen ligger. De är ett större problem i delar av landet där vallgrödor dominerar växtföljden. En guide till icke-kemisk hantering av fleråriga ogräs finns i publikationen "Rotogräsens När Var Hur"³.

En metod för att bekämpa det fleråriga ogräset kvickrot (*Elymus repens*) var att fragmentera dess rhizomer med hjälp av en maskin med vertikala tallrikar [15]. Maskinen användes före och/eller efter sådd. Fragmenteringen kombinerades med upprepad klippning. De sådda arterna var kombinationer av vitklöver och italienskt rajgräs, och fragmenteringsprocessen hade en positiv effekt på grödan. Både tidig och sen fragmentering av rhizomen minskade biomassan av kvickrot med 38 %, och effekten var något additiv, där två behandlingar minskade biomassan av kvickrot med 63 %. Upprepad klippning minskade biomassan av kvickrot (med 75 %) och det fanns ingen fördel med att kombinera klippning med fragmentering av rhizom [15]. En liknande process, men med manuell rhizomfragmentering (med hjälp av en spade), testades i en vitklöverodling, återigen i kombination med klippning [16]. På hösten minskade rhizomfragmenteringen och klippning av biomassan hos vitklöverns skott, men inte rhizombiomassan eller antalet skott. När fragmentering av rhizom gjordes på försommaren minskade dock biomassan av kvickrotens rhizom med upp till 60 %, och upprepad klippning minskade den med upp till 95 %. Fragmentering av rhizom är potentiellt mer effektivt under försommaren eftersom kvickrot har mindre lagrade energiresurser.

Ett experiment i Finland [17] undersökte de bästa metoderna för att avsluta långvariga vallar på ett sätt som förhindrar kvickrot. Behandlingarna omfattade: i) tre stubbearbetningar efter en skörd; ii) stubbearbetning efter två skördar; iii) plöjning i september efter två skördar; iv) plöjning i oktober, strax före vintern; v) plöjning på våren. Behandlingarna i och ii minskade antalet skott av kvickrot, där tre stubbearbetningar (behandling i) hade störst effekt.

Ett fältexperiment i södra Sverige [18] undersökte effekterna av allt mer komplexa vallblandningar på mängden av osådda arter. De sådda arterna omfattade timotej (*Phleum pratense*), engelskt rajgräs, rödklöver, cikoria (*Cichorium intybus*) och lusern. Färre osådda arter registrerades i blandningar jämfört med monokulturer. Bland monokulturerna var det engelskt rajgräs som hade minst antal osådda arter. Dessa resultat belyser vikten av mångfald av vallarter för att hjälpa till att förhindra ogräs.

³ https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/epok/dokument/ograsskrift_web.pdf

2.4.5 Slutsatser och kunskapsluckor

De mest betydande växtsjukdomarna är ett problem för framför allt rödklöver. Det är viktigt att vi inte förlitar oss för mycket på en enda art, eftersom det gör vallproduktionen sårbar för exempelvis nya sjukdomar eller klimatförändringar. Det finns ett behov av mångfald - mångfald i växtföljder, grödor, vallfröblandningar, arter och sorter. Som beskrivs i kapitlet om vallarter finns det många fördelar med att ha mer varierade vallfröblandningar.

Man kan inte förlita sig på att växtföljden ska kontrollera de två viktigaste baljväxtsjukdomarna, rotröta och klöverröta, men det är en del av lösningen. De andra delarna handlar om att inkludera mångfald i så stor utsträckning som möjligt och fortsätta investeringar i växtförädling för att utveckla mer motståndskraftiga sorter. Som betonats i andra avsnitt är det viktigt att nya växtsorter för de nordiska länderna utvecklas och testas i fält i de nordiska länderna.

Växtföljden är också en viktig del av ogräshanteringen, särskilt för fleråriga ogräs som är problematiska i vallar. Så mycket som möjligt måste ogräset bekämpas under den årliga odlingsfasen. Fragmentering av rhizom och klippning under vallperioden kan också minska förekomsten av fleråriga ogräs som t.ex. kvickrot.

Den stora okända faktorn för både sjukdomar och ogräs är den framtida effekten av klimatet, som kan förändra förekomsten av befintliga sjukdomar och ogräs och potentiellt introducera nya hot.

2.4.6 Referenser

1. Almquist, C., E. Stoltz, and A.C. Wallenhammar. Incidence of root pathogens associated to clover root rot in Sweden. in EGF. 2016. Ås, Norway: Nibio.
2. Lager, J. and A.C. Wallenhammar, Crop loss from soil-borne pathogens in white clover stands assessed by chemical treatments. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 2003. 110(2): p. 120-128.
3. Wallenhammar, A.C., et al. Influence of root rot on the sustainability of grass/legume leys in Sweden. in EGF. 2008. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences.
4. Wallenhammar, A.C., et al. Challenges in ley farming systems based on legumes in Sweden. in EGF. 2020. Helsinki, Finland: Luke.
5. Wallenhammar, A.C., et al., Production capacity of forage legumes and persistence to root rot in organic mixed swards, in EGF and EUCARPIA. 2019, Organising Committee of the Joint 20th Symposium of the European Grassland Federation and the 33rd Meeting of the EUCARPIA: Zurich, Switzerland. p. 99-99.
6. Bergqvist, S., et al. Crop rotation effect on red clover persistence in mixed grass-clover leys. in EGF. 2022. Caen, France: Wageningen Academic Publishers.

7. Öhberg, H., P. Ruth, and U. Bang, Differential responses of red clover cultivars to *Sclerotinia trifoliorum* under diverse natural climatic conditions. *Plant Pathology*, 2008. 57(3): p. 459-466.
8. Öhberg, H. and U. Bang, Biological control of clover rot on red clover by *Coniothyrium minitans* under natural and controlled climatic conditions. *Biocontrol Science and Technology*, 2010. 20(1): p. 25-36.
9. Mikaliuniene, J., et al., Evaluation of red clover (*Trifolium pratense* L.) resistance to *Sclerotinia* crown and root rot (*Sclerotinia trifoliorum*) in the laboratory and field conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*, 2015. 102(2): p. 167-176.
10. Liatukiene, A., Z. Liatukas, and V. Ruzgas, Reaction of lucerne (*Medicago* spp.) to fungal diseases caused by *Phoma medicaginis*. *Zemes ukio Mokslai*, 2010. 17(1): p. 25-31.
11. Liatukiene, A., Z. Liatukas, and V. Ruzgas, Investigation of downy mildew in lucerne crop *Zemes ukio Mokslai*, 2010. 17(3): p. 87-92.
12. Schubiger, F.X., et al., Susceptibility of European cultivars of Italian and perennial ryegrass to crown and stem rust. *Euphytica*, 2010. 176(2): p. 167-181.
13. Østrem, L., et al., Low crown rust resistance in Norwegian material of *Lolium perenne* and × *Festulolium*, in *Breeding Grasses and Protein Crops in the Era of Genomics*, G.B.e. al., Editor. 2018, Springer International Publishing AG. p. 145-149.
14. Abdelhalim, M., et al., Snow mould resistance under controlled conditions and winter survival in the field in populations of perennial ryegrass, meadow fescue, and *Festulolium* are partly dependent on ploidy level and degree of northern adaptation. *Canadian Journal of Plant Science*, 2016. 96(4): p. 579-589.
15. Ringselle, B., et al., Rhizome Fragmentation by Vertical Disks Reduces *Elymus repens* Growth and Benefits Italian Ryegrass-White Clover Crops. *Front Plant Sci*, 2017. 8: p. 2243.
16. Bergkvist, G., et al., Control of *Elymus repens* by rhizome fragmentation and repeated mowing in a newly established white clover sward. *Weed Research*, 2017. 57(3): p. 172-181.
17. Kakriainen-Rouhiainen, S., et al. Terminating ley with mid-summer bare fallow controls *Elymus repens*. in *EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control*. 2004. Lillehammer, Norway: European Weed Research Society.
18. Frankow-Lindberg, B.E. Richness of unsown plant species in a sown ley crop. in *EGF*. 2010. Duderstadt, Germany: Mecke Druck und Verlag.

2.5 Symbioser mellan mikrober och växter i vallar

Brooke Micke, Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU

2.5.1 Inledning

Många växtarter bildar ömsesidigt fördelaktiga symbiotiska relationer med bakterier och svampar. Genom dessa relationer kan växten få olika fördelar, till exempel ökad stresstolerans eller förbättrad tillväxt.

Systemiska endofytiska svampar inom *Epichloë*- och *Neotyphodium*-komplexet koloniserar ofta gräs inom underfamiljen *Pooideae*. Gräs inom *Pooideae*, såsom ängssvingel (*Festuca pratensis*) och rörsvingel (*Festuca arundinacea*), är viktiga grödor för jordbruket i norra Europa och odlas ofta som foder i fleråriga vallar. Dessa arter utgör viktiga komponenter i blandvallar i de nordiska och baltiska länderna på grund av deras höga näringsvärde och produktivitet. Endofytiska svampsymbionter har visat sig ha varierande inverkan på deras värdars produktivitet, beroende på miljöförhållandena.

Den ömsesidiga symbiosen mellan rhizobia, en grupp jordbakterier, och baljväxter gör det möjligt för baljväxter att omvandla atmosfäriskt kväve till en form som kan användas av växter genom biologisk kvävefixering. Rhizobia samverkar med baljväxternas rötter för att bilda knölar som innehåller kvävefixerande bakterier, som förser växten och det omgivande systemet med kväve. Denna produktion av användbart kväve är till stor nytta för jordbrukssystemet, eftersom den minskar behovet av kvävegödsling.

2.5.2 Endofytiska svampars mutualism

Den endofytiska svampen *Neotyphodium* bildar ofta en symbios med ängssvingelsorter som används i de nordiska länderna. Den naturliga infektionsgraden av *N. uncinatum* på ängssvingel varierar avsevärt, med en infektionsgrad som ökar under hela växtsäsongen [1]. Studier av ängssvingel med och utan kolonisering av *N. uncinatum* har visat att endofytförekomsten har en varierande inverkan på gräsets produktivitet. I norra Sverige skilde sig inte produktiviteten mellan endofytinfekterade och icke-infekterade plantor [2]. I norra Finland hade dock endofytinfekterad svingel förbättrad produktivitet i näringsrika jordar och minskad produktivitet i näringsfattiga jordar, vilket tyder på att miljön påverkar endofytförekomstens inverkan på växttillväxten [3]. Produktiviteten hos endofytinfekterad ängssvingel kan också ha betydelse för dess konkurrenskraft och därmed dess förmåga att hålla ogräs under kontroll. Bestånd av ängssvingel med och utan *N. uncinatum*-infektion utvärderades i södra Finland för att avgöra om endofytsymbios kan bidra till biologisk ogräsbekämpning [4]. Resultaten från

studien visade att koloniserade svingelbestånd hade tätare täckning och ökad överlevnad, vilket ledde till förbättrad ogräsbekämpning.

N. uncinatum kan också påverka vinteröverlevnaden hos deras värdgräs genom förändrad resistens mot snömögelpatogener. Endofytinfekterade och endofytfria ängssvingelsorter odlade i norra Finland utvärderades för infektion med svart trådklubba (*Typhula ishikariensis*) och rosa snömögel (*Microdochium nivale*) och deras efterföljande vinteröverlevnad [5]. Endofytinfektion resulterade i större känslighet för svart trådklubba. Endofytinfekterade plantor hade dock förbättrad tillväxt på våren trots högre infektionsgrad av snömögel, vilket tyder på att endofytinfektion kan stödja tolerans mot snömögel hos värdgräset och förbättra gräsets vinteröverlevnad trots ökad infektionsgrad av snömögel.

Rörsvingel bildar en symbios med en annan art av endofytisk svamp, *Epichloë coenophiala*. En vanlig amerikansk sort av rörsvingel (Kentucky-31) och tre vilda sorter från Sverige och Finland utvärderades i ett fältexperiment i södra Finland för att fastställa effekterna av kolonisering av *E. coenophiala* på rörsvingelns produktivitet och vinteröverlevnad [6]. Resultaten visade att endofytinfektion hade en positiv inverkan på mängden biomassa och reproduktionsförmågan för alla sorter, även om endofytsymbios inte hade någon inverkan på gräsets vinteröverlevnad. Ett liknande försök gjordes i södra Finland med samma amerikanska sort och vilda sorter av rörsvingel, samt en vanlig finsk sort (Retu), för att utvärdera hur *E. coenophiala* påverkade förekomsten av sköldfläcksjuka (*Rhynchosporium* sp.) [7]. Endofytkolonisering hade en varierande inverkan på infektionsgraden av sköldfläcksjuka beroende på värdväxtens ursprung, vilket tyder på att endofytisk växtgenotyp driver patogenresistens.

En tredje symbios mellan svingel och endofyter (*Festuca rubra* och *Epichloë festucae*) studerades för att undersöka samspelet mellan rödsvingel, den endofytiska svampen, en gräspatogen (*Claviceps purpurea*) och bladlöss (*Sitobion* sp.) [8]. Endofytkolonisering ökade patogenens infektionshastighet, men hade inget direkt inflytande på bladlusangrepp. Gräs som var infekterade med patogenen hade dock signifikant lägre andel bladlöss, vilket visar på komplexiteten i samspelet mellan växter, svampar och växtätare.

2.5.3 Kvävefixering

Hur mycket kväve som fixeras kan variera kraftigt mellan fält med samma art beroende på variabler som andel baljväxter, baljväxternas och/eller rhizobia genotyp, skötsel och miljöförhållanden. Kvävefixeringen hos rödklöver som odlas i blandvallar visade sig vara högst i juli och augusti, vilket visar på klöverns högre kvävebehov under perioder av återväxt efter den första skörden [9, 10]. Dessutom fanns det höga kvävekoncentrationer i stubben, vilket gav betydande kvävegödslings effekter för återväxten eller för den efterföljande grödan i växtföljden. Åldern på en vall kan också ha betydelse för kvävefixeringen, främst

på grund av att rödklöver (*Trifolium pratense*) har låg uthållighet. Kvävefixeringsgraden i ett finskt fältförsök visade sig minska med ökande vallålder, mycket på grund av minskande klöverhalt [11]. I denna studie rapporterades också stor variation i kvävefixeringen beroende på markens bördighet, vilket visar att markens egenskaper har stor betydelse för rödklövers kvävefixeringspotential. En baljväxts kvävefixering kan också påverkas av gödslingsgraden och typen av gödselmedel som används. Resultaten från två danska studier visade att gödseltypen (mineralgödsel eller flytgödsel) inte hade någon effekt på vitklövers (*Trifolium repens*) kvävefixering [12, 13]. Kvävefixeringen i blandvallar som innehöll både röd- och vitklöver påverkades dock negativt av gödsling med mineralgödsel, vilket tyder på att gödseltypen har olika inverkan på kvävefixeringen beroende på baljväxtarten [12]. På samma sätt hade gödselmängden en varierande inverkan på kvävefixeringen hos olika baljväxtarter [14]. Tillförsel av gödselmedel från nötkreatur hade ingen inverkan på kvävefixeringen hos käringtand (*Lotus corniculatus*) och lusern (*Medicago sativa*), men minskade kvävefixeringen hos röd- och vitklöver. Variationen i kvävefixering mellan baljväxtarter kan ha betydelse för optimala gödningsgivor i en blandvall. Arter med hög kvävefixering kan upprätthålla en hög produktivitet med minimala insatser. I en litauisk studie jämfördes kvävefixeringsgraden hos vitklöver, rödklöver och lusern när de odlades i blandbestånd med gräs, och det rapporterades att lusern hade den högsta kvävefixeringsgraden och N-överföringen till gräset [15]. Att förstå hur artsammansättningen i en vall påverkar kvävefixeringsgraden hos baljväxterna kan ge användbara insikter för att bestämma optimala artblandningar. Två studier som utvärderade kvävefixeringsgraden hos baljväxter som ingick i artrika blandningar som innehöll gräs och örter rapporterade ingen negativ inverkan av ökad artdiversitet på kvävefixeringen hos röd- och vitklöver [16, 17]. Tillgången på näringsämnen i blandbestånd av baljväxter och gräs kan också påverka kvävefixeringsgraden hos baljväxterna. Konkurrens om fosfor och kalium visade sig minska kvävefixeringen hos vitklöver i vallar med rajgräs, vilket visar vikten av tillräcklig näringstillförsel för att maximera kvävefixeringens effektivitet [18].

Den metod som används för att kvantifiera kvävefixeringsgraden och de växtdelar som används i analysen kommer att påverka den rapporterade kvävefixeringsgraden för baljväxter i fält, vilket gör det viktigt att använda mycket exakta metoder. Isotoputspädning av ^{15}N och ^{15}N enligt naturliga abundansmetoder för kvävefixeringsanalys jämfördes i norra Sverige på blandade vallar som innehöll rödklöver på ovan- och underjordiska växtdelar [19]. Resultaten visade på liknande uppskattningar av kvävefixeringsgraden för båda metoderna under hela säsongen, även om isotoputspädning av ^{15}N gav högre uppskattningar när kvävefixeringsgraden var som högst. Dessutom gav ovanjordiska växtdelar exakta uppskattningar av hastigheten, vilket tyder på att den tidskrävande rotanalysen är onödig. Vart på fältet proverna tas måste också optimeras för att säkerställa en

korrekt uppskattning av kvävefixeringsgraden inom ett fält. I en studie i Finland drogs slutsatsen att ett maximalt provtagningsavstånd på 60 m är tillräckligt för uppskattning av kvävefixeringsgraden [20].

Kvävefixeringen hos baljväxter är direkt korrelerad till den rhizobiala symbiontens stam och dess efterföljande symbiotiska effektivitet. Rhizobia finns naturligt i jorden, men inokulering med en specifik stam kan vara nödvändig för att uppnå den mest effektiva symbiosen beroende på den odlade baljväxtarten. I Litauen undersöktes sura jordar med avseende på förekomsten av rhizobia, där den klöverspecifika bioaren *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* hade den största utbredningen [21]. Kvävefixeringen hos inokulerad rödklöver förbättrades ytterligare genom kalkning, vilket visar att pH-värdet i marken påverkar symbiosens effektivitet [21, 22]. Förutom inverkan av markens pH-värde har rhizobiaeffektiviteten också visat sig påverkas positivt av tillsats av fytohormonet indolättsisyra [23]. Konkurrenskraften hos rhizobia-stammar från en och samma biovar kan variera kraftigt, liksom den symbiotiska effektiviteten. Inokulering med mycket konkurrenskraftiga, men ändå effektiva stammar är avgörande för att uppnå hög kvävefixeringsgrad. I en studie av samspelet mellan vitklöver och olika stammar av *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* på Island identifierades en dominerande rhizobiastam (20–15) som stod för 90 % av de testade nodulerna [24]. Dessutom fann man en positiv effekt av inokulering med flera rhizobiastammar på grödans avkastning, vilket visar på det komplexa samspelet mellan rhizobia-genotyp och växternas produktion.

En stor fördel med att inkludera baljväxter i vallar är deras förmåga att tillföra kväve till systemet via biologisk kvävefixering. Överföringen av kväve från baljväxter till jorden och därefter till övriga vallväxter eller nästa gröda i växtföljden förbättrar systemets produktivitet och minskar dess beroende av tillförsel av kvävegödsel. I en dansk studie undersöktes kväveöverföringen i blandvallar som innehöll vit- eller rödklöver [25]. Resultaten visade att överföringen av biologiskt fixerat kväve från vitklöver till det samodlade gräset var högre än från rödklöver. Ackumuleringen av biologiskt fixerat kväve i marken från stubb och skörderester utvärderades i blandvallar som innehöll rödklöver och lusern [26]. Den mest effektiva kväveackumuleringen skedde i system med tre skördar för båda artblandningarna, även om lusern ackumulerade större mängder kväve än rödklöver. Biologiskt fixerat kväve kan också ackumuleras i marken genom deponering av material som förloras från växtrötter. Resultat från en dansk studie av blandvallar med röd- eller vitklöver visade att deponeringen kan stå för ännu större mängder kväveackumulering i marken än den som ackumuleras i stubben, vilket gör det till en viktig aspekt av kväveöverföringen i vallar [27].

2.5.4 Slutsatser och kunskapsluckor

Inverkan av symbios mellan växt och endofyt på växtens svar på biotiska påfrestningar, såsom patogener och växtätare, kan ha viktiga konsekvenser för uthålligheten och produktiviteten hos svinglar i vallar. Inverkan av endofytornas kolonisation på svingelgräsets kondition är inte konkret, med både positiva och negativa konsekvenser som observerats under varierande miljöförhållanden. Samspelet mellan dessa symbiotiska partners är uppenbarligen komplext och ytterligare arbete är nödvändigt för att avgöra hur miljön påverkar samspelet mellan endofyter och svinglar.

Kvävefixeringsgraden hos baljväxter varierar under en säsong och över tiden, med de högsta nivåerna efter skörd och under de tidigare produktionsåren. Eftersom tillsats av kvävegödselmedel kan ha negativa effekter på kvävefixeringsgraden bör beslut om gödsling ta hänsyn till perioder med hög kvävefixering. Gödslingsnivåerna bör minskas i enlighet med detta under perioder med hög kvävefixering för att maximera biologisk fixering och dess kvävebidrag till systemet. Dessutom bör beslut om gödsling ta hänsyn till de odlade baljväxarterna, eftersom vissa arter (t.ex. rödklöver) är mer mottagliga för den negativa effekten av tillsats av kvävegödselmedel på kvävefixering.

Att säkerställa inokulering med konkurrenskraftiga och effektiva stammar av rätt rhizobia är viktigt för att säkerställa de höga kvävefixeringsnivåer som krävs för att förbättra produktiviteten i systemet. Dessa rhizobier finns naturligt i vissa jordar, men när de saknas blir inokulering av utsäde en viktig aspekt av vallskötseln som bör prioriteras av utsädesföretag och lantbrukare. Betydelsen av biologisk kvävefixering är uppenbar, inte bara på grund av kväveöverföring från baljväxter till deras samodlade gräs, utan också på grund av ackumulering av kväve i jorden och dess efterföljande inverkan på nästa gröda i rotationen. Att säkerställa hög kvävefixering är därför viktigt för att förbättra produktiviteten i vallsystemet, liksom produktiviteten hos grödor som sås efter valldelen av rotationen. En noggrann uppskattning av ackumuleringen av biologiskt fixerat kväve efter vallodling i Norden och Baltikum kan ge insikt i hur gödslingsnivåerna kan justeras för de efterföljande grödorna för att undvika över- eller undergödsling av kväve.

2.5.5 Referenser

1. Puentes, A., D.R. Bazely, and K. Huss-Danell, Endophytic fungi in *Festuca pratensis* grown in Swedish agricultural grasslands with different managements. *Symbiosis*, 2007. **44**(1-3): p. 121-126.
2. Bylin, A.G., et al., Influence of nitrogen fertilization on growth and loline alkaloid production of meadow fescue (*Festuca pratensis*) associated with the fungal symbiont *Neotyphodium uncinatum*. *Botany*, 2014. **92**(5): p. 370-376.

3. Wäli, P.R., et al., Endophyte infection, nutrient status of the soil and duration of snow cover influence the performance of meadow fescue in sub-arctic conditions. *Grass and Forage Science*, 2008. **63**(3): p. 324-330.
4. Saikkonen, K., et al., Fungal endophytes help prevent weed invasions. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2013. **165**: p. 1-5.
5. Wali, P.R., et al., Susceptibility of endophyte-infected grasses to winter pathogens (snow molds). *Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne De Botanique*, 2006. **84**(7): p. 1043-1051.
6. Gundel, P.E., et al., Neotyphodium fungal endophyte in tall fescue (*Schedonorus phoenix*): a comparison of three Northern European wild populations and the cultivar Kentucky-31. *Fungal Diversity*, 2013. **60**(1): p. 15-24.
7. Kauppinen, M., et al., Epichloe endophyte effects on leaf blotch pathogen (*Rhynchosporium* sp.) of tall fescue (*Schedonorus phoenix*) vary among grass origin and environmental conditions. *Plant Ecology & Diversity*, 2018. **11**(5-6): p. 625-635.
8. Laihonon, M., et al., Epichloe Endophyte-Promoted Seed Pathogen Increases Host Grass Resistance Against Insect Herbivory. *Front Microbiol*, 2021. **12**: p. 786619.
9. Huss-Danell, K., et al., Nitrogen fixation and nitrogen allocation in red clover-grasslands. 2008, Dept of Agricultural Research for Northern Sweden, Swedish University of Agricultural Sciences, Umea, Sweden. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences. 562-564.
10. Huss-Danell, K., E. Chaia, and G. Carlsson, N₂ fixation and nitrogen allocation to above and below ground plant parts in red clover-grasslands. *Plant and Soil*, 2007. **299**(1): p. 215-226.
11. Riesinger, P. and I. Herzon, Symbiotic nitrogen fixation in organically managed red clover-grass leys under farming conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 2010. **60**(6): p. 517-528.
12. Kristensen, R.K., et al., Contrasting effects of slurry and mineral fertilizer on N₂-fixation in grass-clover mixtures. *European Journal of Agronomy*, 2022. **133**: p. 10.
13. Kristensen, R.K., J. Rasmussen, and J. Eriksen, Biological N₂ -fixation in grass-clover ley in response to N application in cattle slurry vs. mineral fertilizer. *Plant and Soil*, 2022. **471**(1-2): p. 629-641.
14. Rasmussen, J., et al., N₂-fixation and residual N effect of four legume species and four companion grass species. *European Journal of Agronomy*, 2012. **36**(1): p. 66-74.
15. Kadziulienė, Z., et al., Lucerne, white clover and red clover in leys for efficient N use. 2004, Lithuanian Institute of Agriculture, Dotnuva-Akademija, Kedainiai, LT-5051, Lithuania. Zurich, Switzerland: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich. 492-494.
16. Dhamala, N.R., et al., Effects of including forbs on N₂-fixation and N yield in red clover-ryegrass mixtures. *Plant and Soil*, 2018. **424**(1-2): p. 525-537.

17. Carlsson, G., et al., N₂ fixation in three perennial *Trifolium* species in experimental grasslands of varied plant species richness and composition. *Plant Ecology*, 2009. **205**(1): p. 87-104.
18. Hogh-Jensen, H. and J.K. Schjoerring, Interactions between nitrogen, phosphorus and potassium determine growth and N₂-fixation in white clover and ryegrass leys. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2010. **87**(3): p. 327-338.
19. Huss-Danell, K. and E. Chaia, Use of different plant parts to study N(2) fixation with (15)N techniques in field-grown red clover (*Trifolium pratense*). *Physiologia Plantarum*, 2005. **125**(1): p. 21-30.
20. Nykanen, A., et al., Field-scale spatial variation in yields and nitrogen fixation of clover-grass leys and in soil nutrients. *Agricultural and Food Science*, 2008. **17**(4): p. 376-393.
21. Lapinskas, E., Biological nitrogen fixation in acid soils of Lithuania. *Zemes ukio Mokslai*, 2008. **15**(3): p. 67-72.
22. Lapinskas, E. and L. Piaulokaite-Motuziene, The influence of soil acidity on symbiotic and non-symbiotic nitrogen fixation. *Zemdirbyste, Mokslo Darbai*, 2006. **93**(4): p. 210-220.
23. Lapinskas, E., Efficiency of combination of phytohormones and R. leguminosarum bv. trifolii and S. meliloti strains for clover and lucerne. *Biologija*, 2001(2): p. 28-30.
24. Svenning, M.M., et al., Competition for nodule occupancy between introduced strains of *Rhizobium leguminosarum* biovar Trifolii and its influence on plant production. *Annals of Botany*, 2001. **88**: p. 781-787.
25. Hogh-Jensen, H. and J.K. Schjoerring, Below-ground nitrogen transfer between different grassland species: Direct quantification by N-15 leaf feeding compared with indirect dilution of soil N-15. *Plant and Soil*, 2000. **227**(1-2): p. 171-183.
26. Kadziulis, L., et al., Some factors affecting efficient nitrogen accumulation in herbage yield and soil in Lithuania. 2004, Lithuanian Institute of Agriculture, Dotnuva-Akademija, Kedainiai, LT-5051, Lithuania. Zurich, Switzerland: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich. 466-468.
27. Hogh-Jensen, H. and J.K. Schjoerring, Rhizodeposition of nitrogen by red clover, white clover and ryegrass leys. *Soil Biology & Biochemistry*, 2001. **33**(4-5): p. 439-448.

2.6 Modellering och fjärranalys

David Parsons, Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU

2.6.1 Inledning

I stort sett är en modell en representation eller förenkling av verkligheten. Modeller av jordbrukssystem försöker representera de olika komponenterna och hur de samverkar. De främsta skälen till att göra detta är för det första att förstå konsekvenserna av förändringar i systemet och för det andra att förutse systemets långsiktiga utveckling, till exempel i förhållande till klimatiförändringar. Det finns olika typer av modeller, vilket beror på hur de är uppbyggda och hur beräkningarna görs. En särskild typ av modeller kallas simuleringsmodeller, eftersom de simulerar verkligheten. De kan också kallas mekanistiska modeller, eftersom modellstrukturen (de olika delarna i modellen och hur de samverkar) representerar vår förståelse av de mekanismer som förekommer i verkligheten - till exempel fotosyntes eller urlakning av näringsämnen.

Fjärranalys kan definieras på olika sätt, men kan i stort sett innebära att man skaffar information om ett objekt utan att ha fysisk kontakt med objektet. I den här översikten inkluderar vi satelliter, drönarmonterade och handhållna enheter. Till skillnad från simuleringsmodellering kan fjärranalys inte förutsäga vad som kommer att hända i framtiden. Styrkan med fjärranalys ligger i dess förmåga att övervaka vad som hänt i det förflutna (när data finns tillgängliga) och vad som händer i nuet.

2.6.2 Utveckling och testning av simuleringsmodeller för grödor

En rad olika grödmodeller har utvecklats för att simulera nordiska och baltiska odlingssystem. Fokus ligger på variabler som biomassa, tillväxthastighet, foderkvalitet, kvävekoncentration och vattenbalans. Den vanligaste typen av modeller gjorda baserat på agroekosystem som innehåller ett stort antal variabler och simulerar miljön mellan gröda och mark som svar på faktorer som väder och skötselbeslut. Dessa modeller inkluderar APSIM [1], BASGRA [2-5], CATIMO [2, 3, 6-9], LINGRA [10], och STICS [2, 3, 9].

Endast en av studierna [1] fokuserade på rödklöver (*Trifolium pratense*). De återstående studierna fokuserade på timotej (*Phleum pratense*). Inga andra gräs- eller baljväxtarter ingick.

I en studie jämfördes BASGRA-, CATIMO- och STICS-modellerna med avseende på avkastning [2] och foderkvalitet [3]. Alla modeller tenderade att

underskatta avkastningen från den första skörden. Modellerna hade liknande prestanda för simulering av avkastning och respons på kväve, men totalt sett var STICS-modellen något bättre. Simulering av foderkvalitet omfattade råprotein (RP), neutral detergent fiber (NDF) och nedbrytbar fiber (NDFD), och modellerna skilde sig åt i sin förmåga att simulera de olika parametrarna. Generellt sett var prediktionens noggrannhet liknande den för biomassa.

Ett antal studier, som är mindre komplexa än de fullständiga modellerna för agroekosystem, använde mekanistiska modeller som liknar agroekosystemmodellerna, men med mer begränsad omfattning och skarpare fokus. QUAL-modellen [11] utvecklades för att modellera tillväxt och förändringar i RP-koncentration och smältbarhet hos timotej, och tar hänsyn till temperatur, solstrålning, kväve och begränsningar i markvatten. En annan modell användes för att simulera gräsvallar [12] och dynamiken i blandvallar, baserat på effektiviteten i strålningsanvändningen [13, 14].

Enklare modelleringsmetoder har också använts för att modellera vallväxter, bland annat med hjälp av "exponential" tillväxtekvationer [15] för timotej och ängssvingel (*Festuca pratensis*). Andra modeller har definierat förhållandet mellan temperatur och förändringar i foderkvalitet, särskilt smältbarhet [16, 17].

2.6.3 Tillämpningar av simuleringsmodeller för grödor

Simuleringsmodeller för foder har främst använts för att bedöma framtida klimatscenarier. Lingra-modellen användes för att bedöma klimatförändringarnas inverkan på timotejens avkastning och skördesäkerhet i Norge [18]. Resultaten tyder på att avkastningen i allmänhet kommer att vara högre i framtiden på grund av ökad temperatur. Det genomsnittliga antalet skördar ökade också, och i allmänhet fanns det inga bevis för potentiella negativa effekter av klimatförändringar på gräsproduktionen. Samma författare använde Lingra-modellen för att bedöma effekten av framtida klimat på avkastningen av timotej med olika jordtyper [19]. Huvudsyftet med studien var att avgöra om detaljerade markkarteringar är nödvändiga för att bedöma framtida klimatscenarier. Resultaten tyder på att det räcker med ett fåtal representativa jordar om syftet är att simulera den genomsnittliga regionala avkastningen. I en geografiskt bredare studie av klimatförändringarnas effekter på norra Europa (14 platser i Norden och Baltikum) användes också Lingra-modellen för timotej, med prognoser från 15 olika globala klimatmodeller [20]. Simuleringsresultaten tyder på att gräsavkastningen kommer att öka på grund av ökande temperatur, med större potential för ökning i kombination med bevattning. Risken för frostsador på timotej skulle förbli liknande för de flesta platser, inklusive de svenska platserna (Skara, Umeå och Uppsala). En liknande studie som använde BASGRA-modellen på fyra norska platser [21] förutspådde också en ökning av timotejavkastningen under framtida klimatscenarier. En relaterad modelleringsstudie [22] tyder på att förädling av

rajgräs för ökad tolerans mot frost kommer att vara en viktig anpassning till klimatförändringarna.

Det bör noteras att slutsatser om effekten av framtida scenarier bör dras med försiktighet, eftersom det finns en rad möjliga framtida globala CO₂ och uppvärmningsscenarier, och hur detta översätts till regionala klimatteffekter kommer att fortsätta att vara ett område för vetenskaplig utveckling.

2.6.4 Fjärranalys

Studierna varierar i typ av sensoranvändning, inklusive: i. RGB, dvs. röd grön blå - en bild som definieras som en blandning av rött, grönt och blått ljus, som typiskt sett används i en vanlig digitalkamera, ii. MS, multispektral - en samling av ett fåtal bildlager som samlats in vid olika våglängder i det elektromagnetiska spektrumet (spektrala våglängdsband) och iii. HS, hyperspektral - en samling av många bildlager som samlats in vid olika våglängder.

Studierna varierar också när det gäller vilken typ av analysmetoder som används. Spektrala vågband används ofta för att beräkna vegetationsindex (VI), t.ex. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Förhållandet mellan spektraldata och fysiska data fastställs med hjälp av olika typer av regressions- och klassificeringsmodeller, inklusive maskininlärningsmetoder (ML).

I en tidig artikel (2000) användes SPOT-satellitbilder för att ta fram avkastningskartor [23] och bekräftade att multispektrala satelliter har potential att vara användbara inom jordbruket. Trots detta identifierades inga andra publicerade studier genom litteratursökningen, även om det finns pågående forskningsprojekt inom detta område.

Användningen av drönare för att bedöma grödor är jämförelsevis vanligare, men även här finns det få publicerade artiklar. I en studie från Estland [24] användes en MS-kamera och olika regressionsmetoder för att uppskatta biomassan i blandvallar med rödklöver och ängssvingel. Studien fann starka samband mellan spektralindex och grönmassa med hjälp av ML-metoder, men datasetet var litet och baserades endast på en plats och två provtagningsdatum. En studie i Norge [25] använde en drönare med en RGB-kamera för att uppskatta biomassan i vallar som dominerades av timotej och engelskt rajgräs (*Lolium perenne*). En ytterligare analysmetod inkluderade konstruktion av tredimensionella (3D) punktmoln. Även här var resultaten lovande, men antalet prover och deras mångfald var begränsat.

En finsk studie [26] visade att förbättrade biomassamodeller kunde byggas genom att integrera 3D-modeller, RGB- och VI-funktioner. En uppföljande studie [27] jämförde en rad olika sensorer, bland annat RGB, MS, HS och 3D-punktmoln som genererats med hjälp av RGB-data. Försöksytorna med blandningar av timotej och ängssvingel på en och samma plats provtogs fyra gånger inför första skörd och tre gånger under återväxten under det år som försöket pågick. I allmänhet var HS-modellerna bättre än MS-modellerna, och resultaten förbättrades när de

kombinerades med 3D-punktmoln. Tillförlitliga resultat erhöles för både avkastning och kvalitet, och bekräftar potentialen för användning av drönare för att också bedöma svenska vallodlingar.

Det finns olika handhållna instrument som har använts för att bedöma vallväxter, varav det vanligaste är en fältspektrometer, som mäter ljusreflektion i flera vågband. Det tidigaste arbetet i Sverige [28] använde en handhållen N-sensor från Hydro, som omfattar åtta spektrala band, för att bedöma avkastning, CP, omsättbar energi (ME), smältbarhet och NDF hos vallfoder, och visade att med ett tillräckligt stort dataset kunde bra prediktiva modeller utvecklas för avkastning och CP, men inte för andra kvalitetsparametrar för vallfoder. I en annan svensk studie [29] användes en handhållen Yara N-sensor, som inkluderar 60 spektrala band. I denna studie bedömdes avkastning, CP och kväueupptag, och modellerna fungerade bra på två olika platser och för en rad olika artblandningar. Dessa forskare fortsatte med Yara N-sensorn [30] för att utveckla modeller för CP, smältbarhet, NDF och NDFD, baserat på ett stort antal fältprover. I motsats till tidigare studier fungerade modellerna inte bra för CP, utan fungerade bäst för NDF. En mer komplex och dyr spektrometer, Fieldpec 4, användes också för att skanna samma fält [31], med liknande resultat som för Yara N-sensorn. Yara N-sensorn har också använts för att bedöma den botaniska sammansättningen före skörd, med rimlig noggrannhet [32].

En tillämpning av fjärranalys som är helt orelaterad till andra studier, involverade användning av en handhållen NDVI-enhet för att upptäcka skillnader mellan växttyper i deras förmåga att acklimatisera sig före vintern på Island [33].

Bildanalys har använts för att bedöma den botaniska sammansättningen i vallar med hjälp av RGB-bilder, t.ex. från en vanlig digitalkamera. Metoder har utvecklats i Danmark [34, 35] för att klassificera bilder och sedan uppskatta den botaniska sammansättningen på torrsubstansbasis, med lovande noggrannhet. En vidareutveckling innebar att en kamera och blixtn monterades på en fyrhjuling för att skapa kartor över den botaniska sammansättningen på stora fält [36, 37]. Kartorna visade stor variation i klöverinnehåll mellan och inom fält, vilket möjliggjorde platsspecifika strategier för N-gödsling. Ett bilddataset för gräs och klöver har publicerats för att underlätta ytterligare forskning inom detta område [38].

2.6.5 Slutsatser och kunskapsluckor

Användningen av modeller över agroekosystem för att studera vallväxter i norra Europa har varit begränsad. De arter som är viktiga i Sverige (t.ex. timotej och rödklöver) är mindre viktiga i varmare regioner i Europa och världen, och därför har de inte utvecklats lika många modeller för dessa. Det mesta av det arbete som rapporteras i denna översikt fokuserade på timotej, med mycket lite arbete på andra arter, och ännu mindre på blandade vallar. För att modellerna ska vara realistiska

och användbara är det viktigt att förstå hur de ingående arterna samverkar och reagerar på händelser som skörd eller gödsling. Modellerna har inkluderat kvalitetsförändringar, men detta behöver utvecklas ytterligare. Det skulle vara mycket användbart om modellerna kunde simulera förändringar i smältbarheten före skörd. Modellerna behöver också vidareutvecklas för att bättre representera vinteröverlevnad och minskningen av sådda arter över tid.

En viktig tillämpning av simuleringsmodeller kommer även i fortsättningen att vara klimatförändringarnas effekter och effekterna av olika anpassningsstrategier. För att sådana resultat ska vara användbara måste modellerna kunna simulera nuvarande system på ett korrekt sätt och de framtida klimatuppgifterna måste vara realistiska. Resultaten av simuleringar av klimatförändringar kommer att vara av störst värde för beslutsfattare, och i mindre utsträckning för jordbrukare, på grund av de långa tidshorisonterna för sådana studier. Det är också möjligt att utveckla beslutsstödsystem för jordbrukare som bygger på simuleringsmodeller, men det praktiska värdet av sådana system har varit begränsat i andra delar av världen - de tenderar att vara antingen för generiska för att vara användbara eller kräva för mycket data för att skapa modellerna.

Inom området fjärranalys finns det en stor potential för dessa tekniker, men tillämpningen är begränsad i Nordeuropa. I synnerhet satellittillämpningar är underrepresenterade. En fördel med satelliter är att slutanvändaren inte behöver vara involverad i datainsamlingen - allt kan finnas tillgängligt i en webbaserad applikation. Det finns dock nackdelar, bland annat bristande rumslig upplösning och påverkan av moln. Baserat på andra satellitstudier är det troligt att användbara algoritmer kan utvecklas för biomassa och kväveinnehåll, men det kan vara svårt att exakt bedöma komplexa egenskaper som smältbarhet. Ytterligare studier bör också omfatta användning av tillgängliga radarsatellitdata och hyperspektrala satellitdata, som för närvarande inte är allmänt tillgängliga men som lovar gott för framtiden.

Drönare har visat sig vara användbara för att uppskatta biomassa och kvalitet. Det finns dock hinder för att göra dem praktiskt användbara. De billigaste drönarna har RGB-kameror, som inte kan användas för att uppskatta kvalitet men kan användas för att uppskatta biomassa genom komplexa beräkningar som involverar utveckling av 3D-modeller. Multispektrala och hyperspektrala kameror har fler våglängder som kan användas för att bygga modeller för kvalitet, men de är dyrare (särskilt hyperspektrala kameror) och uppgifterna är mer komplexa att arbeta med. Drönare kräver också lämpliga väderförhållanden, ett drönarkort och teknisk kompetens.

Handhållna spektrometrar kan fånga upp detaljerad spektral information. En begränsning är deras kostnad och bristen på rumslig information, såvida de inte monteras på en traktor, som med Yara N-sensorn. Den senaste versionen av Yara N-sensorn använder en aktiv ljuskälla, så att den kan användas när som helst på

dygnet. Utrustningen fångar dock mycket mindre spektral information än de spektrometrar som används i de studier som beskrivs ovan, och det finns inga publicerade studier som använder en sensor med aktiv ljuskälla för att bedöma foder. Trots kostnaden har handhållna spektrometrar potential att bedöma fodersmältbarheten och underlätta beslutsfattandet vid skördetidpunkten.

En begränsning i många av studierna som använder sig av fjärranalys är att de har utvecklats med hjälp av begränsade dataset. För att vara användbara måste fjärranalysmodeller, oavsett om de baseras på satelliter, drönare eller spektrometrar, fungera för en rad olika arter, platser, skördar och andra förhållanden. Modellerna måste baseras på stora datamängder och täcka ett brett spektrum av situationer för att vara robusta. Styrkan med fjärranalys är att man får en realtidsbedömning av statusen på ett fält, till skillnad från modeller över agroekosystem som kan simulera framtida förhållanden. Styrkan i båda metoderna kan utnyttjas genom att använda fjärranalys för att bedöma den aktuella eller senaste situationen, och enkla grödmodeller för att simulera från det senaste förflutna till nutid, och från nutid till en nära framtid.

2.6.6 Referenser

1. Ahmed, M., D. Parsons, and A. Gustavsson. Modelling radiation use efficiency of red clover (*Trifolium pratense* L.) under the Nordic climate. in EGF. 2020. Helsinki, Finland: Luke.
2. Korhonen, P., et al., Modelling grass yields in northern climates - a comparison of three growth models for timothy. Field Crops Research, 2018. 224: p. 37-47.
3. Persson, T., et al., Simulation of timothy nutritive value: A comparison of three process-based models. Field Crops Research, 2019. 231: p. 81-92.
4. Höglind, M., et al., BASGRA_N: A model for grassland productivity, quality and greenhouse gas balance. Ecological Modelling, 2020. 417: p. 13.
5. Oijen, M., et al., Process-Based Modeling of Timothy Regrowth. Agronomy Journal, 2005. 97(5): p. 1295-1303.
6. Jing, Q., et al., Simulating the Nutritive Value of Timothy Summer Regrowth. Agronomy Journal, 2013. 105(3): p. 563-572.
7. Jing, Q., et al., Regrowth simulation of the perennial grass timothy. Ecological Modelling, 2012. 232: p. 64-77.
8. Jing, Q., et al. New modules for the simulation of timothy yield and nutritive value: regrowth and harvest index. in EGF. 2012. Lublin, POLAND: Polish Grassland Soc-Polskie Towarzystwo Laskarskie.
9. Korhonen, P., et al., Intercomparison of models for simulating timothy yield in Northern countries. 2016, Natural Resources Institute Finland (Luke), Viikinkaari 4, 00790 Helsinki, Finland. Ås, Norway: Nibio. 762-764.
10. Persson, T., et al., Evaluation of the LINGRA timothy model under Nordic conditions. Field Crops Research, 2014. 161: p. 87-97.

11. Gustavsson, A.M. and K. Martinsson, Analysis of growth and nutrition value in timothy using a dynamic model. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2001. 107(2): p. 83-101.
12. Eckersten, H., et al., Modelling biomass, water and nitrogen in grass ley: Estimation of N uptake parameters. *European Journal of Agronomy*, 2007. 27(1): p. 89-101.
13. Torssell, B., et al., Modelling carbon dynamics in mixed grass-red clover swards. *Agricultural Systems*, 2007. 94(2): p. 273-280.
14. Riesinger, P., et al., Radiation-use efficiency in leys: influences of growth period and clover proportion. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 2009. 59(5): p. 465-474.
15. Bonesmo, H., Modelling Spring Growth of Timothy and Meadow Fescue by an Exponential Growth Equation. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 1999. 49(4): p. 216-224.
16. Tamm, U., S. Tamm, and J. Kadaja. The influence of effective temperatures on the nutritive value of fodder. 2007. Sacu, Estonia: Estonian Research Institute of Agriculture.
17. Hyrkas, M., et al. Grass growth models for estimating digestibility and dry matter yield of forage grasses in Finland. in EGF. 2018. Fermoy, Irish Republic: Teagasc, Animal & Grassland Research and Innovation Centre.
18. Persson, T. and M. Höglind, Impact of climate change on harvest security and biomass yield of two timothy ley harvesting systems in Norway. *Journal of Agricultural Science*, 2014. 152(2): p. 205-216.
19. Persson, T., S. Kvaerno, and M. Höglind, Impact of soil type extrapolation on timothy grass yield under baseline and future climate conditions in southeastern Norway. *Climate Research*, 2015. 65: p. 71-86.
20. Höglind, M., S.M. Thorsen, and M.A. Semenov, Assessing uncertainties in impact of climate change on grass production in Northern Europe using ensembles of global climate models. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2013. 170: p. 103-113.
21. Gulzari, S.O., et al., Combining models to estimate the impacts of future climate scenarios on feed supply, greenhouse gas emissions and economic performance on dairy farms in Norway. *Agricultural Systems*, 2017. 157: p. 157-169.
22. Höglind, M., T. Persson, and M.v. Oijen. Identifying target traits for forage grass breeding under a changing climate in Norway using the BASGRA model. in International Grassland Congress. 2013. Orange, Australia: New South Wales Department of Primary Industry.
23. Rydberg, A. and M. Söderstrom. Potential crop growth assessment from remotely sensed images compared to ordinary yield maps. in International conference on precision agriculture. 2000. Madison, USA: American Society of Agronomy.
24. Li, K.Y., et al., The Application of an Unmanned Aerial System and Machine Learning Techniques for Red Clover-Grass Mixture Yield Estimation under Variety Performance Trials. *Remote Sensing*, 2021. 13(10): p. 22.

25. Rueda-Ayala, V.P., et al., Comparing UAV-Based Technologies and RGB-D Reconstruction Methods for Plant Height and Biomass Monitoring on Grass Ley. *Sensors (Basel)*, 2019. 19(3): p. 17.
26. Viljanen, N., et al., A Novel Machine Learning Method for Estimating Biomass of Grass Swards Using a Photogrammetric Canopy Height Model, Images and Vegetation Indices Captured by a Drone. *Agriculture*, 2018. 8(5): p. 28.
27. Oliveira, R.A., et al., Machine learning estimators for the quantity and quality of grass swards used for silage production using drone-based imaging spectrometry and photogrammetry. *Remote Sensing of Environment*, 2020. 246: p. 20.
28. Börjesson, T., et al., Remote sensing to predict dry matter yield and nutritional quality in forage. *DIAS Report, Plant Production*, 2003(100): p. 153-155.
29. Zhou, Z.J., et al., Estimation of yield and quality of legume and grass mixtures using partial least squares and support vector machine analysis of spectral data. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2019. 162: p. 246-253.
30. Morel, J., et al., Estimation of the nutritive value of grasslands with the Yara N-sensor field spectrometer. *The Plant Phenome Journal*, 2022. 5(1).
31. Sun, S., et al., Estimation of biomass and nutritive value of grass and clover mixtures by analyzing spectral and crop height data using chemometric methods. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2022. 192: p. 10.
32. Morel, J., et al. Estimation of the botanical composition of leys using field spectroscopy and chemometric models. in *EGF*. 2020. Helsinki, Finland: Luke.
33. Helgadottir, A. and T.A. Kristjansdottir. Leaf spectroscopy: a surrogate measurement of autumn growth cessation of non-adapted grasses at high latitudes. in *EGF*. 2013. Borgarnes, Iceland: Agricultural University of Iceland.
34. Mortensen, A.K., et al., Preliminary Results of Clover and Grass Coverage and Total Dry Matter Estimation in Clover-Grass Crops Using Image Analysis. *Journal of Imaging*, 2017. 3(4): p. 16.
35. Skovsen, S., et al., Estimation of the Botanical Composition of Clover-Grass Leys from RGB Images Using Data Simulation and Fully Convolutional Neural Networks. *Sensors* 2017. 17(12): p. 18.
36. Skovsen, S., et al., Species distribution mapping of grass clover leys using images for targeted nitrogen fertilization, in *Precision agriculture '19*, J.V. Stafford, Editor. 2019, Wageningen Academic Publishers
37. Skovsen, S.K., et al., Robust Species Distribution Mapping of Crop Mixtures Using Color Images and Convolutional Neural Networks. *Sensors*, 2020. 21(1): p. 28.
38. Skovsen, S., et al. The GrassClover Image Dataset for Semantic and Hierarchical Species Understanding in Agriculture. in *CVPR workshop*. 2019. Long Beach, CA.

2.7 Förvaltning av markens egenskaper

Cecilia Palmborg, Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU

2.7.1 Introduktion

För att lyckas med vallodling krävs att arterna i vallen är anpassade till markförhållandena. Olika arter har olika krav på pH-värde, tillgång till syre, vatten och näringsämnen i marken. Växtodlingen påverkar dessa egenskaper och hur de samverkar med varandra. Gödslingens effekter på markens näringsämnen behandlas i kapitlet Gödsling. Gödsel kan dock påverka marken på andra sätt än som gödselmedel, och därför passar vissa gödselstudier också in i detta avsnitt. Långsiktiga effekter av att inkludera vall i växtföljden och kortsiktiga effekter av vall som grüngödsling ingår dock inte i denna genomgång.

2.7.2 Applicering av gödsel

En stor del av kvävet i stallgödsel är organiskt och kan bidra till jordens organiska material. I ett 42-årigt försök med tillförsel av 20–120 ton stallgödsel till potatis vart sjunde år ökade det organiska materialet i marken med nästan 0,1 % per 10 ton stallgödsel/rotation, både på sur och kalkad mark. Den högre gödselgivan, >80 ton gödsel per rotation, i kombination med kalkning gav stabilare jordaggregat, högre markfuktighet och lägre jorddensitet [1]. Detta resulterade i betydande skördeökningar i vallarna med gräs/klöver, trots att stallgödseln tillfördes två år före vallen i växtföljden [2].

Flytgödsel från nötkreatur innehåller mindre organiskt kväve än fastgödsel, särskilt om den rötas i en biogasanläggning innan den sprids. Inom ekologiskt jordbruk har det funnits farhågor om att rötrest kan vara mindre gynnsam för markens bördighet och biologi än orötad gödsel på grund av lägre koncentrationer av organiskt material. En jämförelse mellan tre års hög (40+20 ton/ha per år) och låg (20+10 ton/ha per år) tillförsel av rötad eller orötad nötflytgödsel till en fosforfattig lerig sandjord visade en högre halt av organiskt material i de övre 20 cm (12,3 %) med den höga tillförseln än med den låga tillförseln (10,3–10,5 %) och den ogödslade kontrollen (10,2 %), både för rötad och orötad flytgödsel. Den låga flytgödselgivan gav högre avkastning jämfört med kontrollen under alla år, men den höga flytgödselgivan gav endast en signifikant högre avkastning än den låga under ett år av tre. Den rötade flytgödseln gav högre avkastning än den orötade under det andra året. Vallskörden ökade mer jämfört med den ogödslade kontrollen varje år med flytgödseltillförsel, med 22–28 % första året och 97–128 % tredje året [3]. De höga spridningsnivåerna påverkade dagmaskar och ytlevande springstjärtar negativt dagarna efter spridning, men inte på lång sikt [4].

Gödsel påverkar också markens pH på ett positivt sätt. På en lerjord i Finland ökade inte organisk gödsling med nötkreaturgödsel och urin markens kolinnehåll jämfört med gödsling med samma mängd lösligt kväve i form av CaNO_3 . Markens pH-värde var dock betydligt högre efter gödsel/urin-gödsling än efter CaNO_3 , trots att det senare är det minst försurande mineralgödselmedlet [5]. På samma sätt förbättrades pH-värdet av gödseltillförsel både i sur och kalkad jord i ett långtidsexperiment [1].

2.7.3 Kalkning

Kalkning är en väletablerad åtgärd för att höja pH-värdet och skapa goda förutsättningar för surhets känsliga grödor som rödklöver och lusern. Kalkning med två former av Dolomit och kalkstensmjöl på etablerade vallar (främst timotej och ängssvingel) gav omedelbara förändringar i markens pH i de övre 25 mm av jorden. Planttillväxten ökade alla år på jordar där det initiala pH-värdet_(H₂O) var lägre än 5,3, och år 2–4 för alla jordar. Dolomitkalk ökade koncentrationen av makronäringsämnen i vallen, inklusive magnesium (Mg), vilket minskade risken för beteskramp, särskilt på jordar med lågt pH-värde. Effekten på mikronäringsämnen var dock varierande, med betydande koncentrationsminskningar av mangan (Mn) och zink (Zn) och ökning av molybden (Mo). Små doser av dolomit varje år istället för den fyrdubbla mängden vart fjärde år var fördelaktigt, eftersom man då undvek stora pH-ökningar i rotzonen som kan vara negativa för växternas upptag av vissa mikronäringsämnen [6].

Kalkning av en morän-lera, retisol, med 7 000 kg CaCO_3 per ha ökade pH_(KCl) från 3,9 till 5,0. Vallen var insådd i korn, som hade en tätare biomassa på den kalkade jorden. Blandvallar med timotej, engelskt rajgräs och antingen lusern, rödklöver, alsikeklöver eller vitklöver som odlades på de kalkade jordarna producerade 2,4 gånger mindre rotbiomassa och 2,2 gånger mindre rotlängd än i de sura jordarna under etableringsåret [7]. Detta förklarades av ökad rottillväxt under jord för att lindra näringsstress i den sura jorden. Den ovanjordiska biomassan var dock också mindre efter kalkning på grund av konkurrens med ett tätare bestånd av korn [8]. Under det andra året var biomassan ovan jord och antalet kvävefixerande noder större i de kalkade parcellerna, men biomassan under jord var likartad i sur och kalkad jord. Kalkningen ökade biomassan av dagmaskar, markrespirationen och kol/kväve-kvoten i marken, men resulterade också i lägre mikrobiell biomassa i marken. [8, 9].

Kalkning en gång per växtföljdsomlopp ökade avkastningen av timotej/rödklöver med 1 800 kg ts/ha när ingen stallgödsel tillfördes. Gödselgivor gav större skördeökningar på sura jordar än på kalkade jordar och gödselgivorna bidrog också till en höjning av pH [2].

Eftersom grödans tillväxt främjas av kalkning kan etableringen av ogräs minskas. Ett långtidsförsök med ökande mängder CaCO_3 som gavs vid starten visade att med ett mark-pH över 5,7 dominerade klöver, medan under pH 5,7 dominerade osådd örter i de tvååriga vallarna. Avkastningen ökade kraftigt i jordar med högre pH-värde, särskilt där PK-gödslingen var låg [10].

2.7.4 Bevattning

En vall bestående av fyra arter av gräs gödslades med 200 kg N (första året) och 320 kg N (andra året) som $\text{Ca}(\text{NO})_3$ fördelat mellan gödsling på våren och före varje återväxt. Daglig bevattning ökade mängden biomassa ovan jord med 30 % under de två åren. Att fördela gödselmedlet dagligen i bevattningsvattnet gav en obetydlig ökning av biomassan ovan jord, men en minskning av biomassan av levande rötter (0–100 cm). Biomassan av levande rötter var högst under de periodiskt gödslade behandlingarna, oavsett bevattning [11].

Bevattning med 25 mm när det behövdes (fem gånger under år 1) av en vitklöver/engelskt rajgräsvall på sandjord ökade vitklöverandelen på sommaren men minskade den på hösten. Totalskörden ökade från 7,9 t/ha till 11,9 t/ha under det första året, men det fanns inga signifikanta skillnader mellan bevattningsbehandlingarna under det andra året. Detta kan delvis bero på N-läckage eftersom ett bevattningstillfälle direkt efter N-gödsling följdes av ett kraftigt regn [12].

Bevattningsförsök på en plats med mer nederbörd än normalt och på en plats med normal nederbörd, båda i normalt torra områden, visade större skillnader mellan bevattnade och obevattnade vallar när torkkänsliga arter (timotej, ängssvingel och rödklöver) användes jämfört med om torktoleranta arter (hundäxing och lusern) odlades. Bevattning gav högre skördar i andra och tredje skörd på båda platserna och för båda artsammansättningar, men högre skörd i första skörd endast på den torrare platsen [13].

2.7.5 Markpackning

Traktortrafik vid gödsling och skörd orsakar direkta skador på vegetationen och komprimerar jorden. Traktorer, flytgödselbehållare och skördeutrustning har också ökat i storlek med tiden, vilket ger högre hjullaster att ta hänsyn till. Effekterna av trafiken är allvarligare om marken är våt, vilket ofta är fallet på våren. I ett danskt försök ökades hjullasten från 2865 till 4745 kg vid körning i mars i en vall med engelskt rajgräs, rödklöver och vitklöver. Detta minskade avkastningen från 88 % till 81 % av avkastningen i kontrollen utan hjulspår. En ökning av däcktrycket hade endast en liten effekt [14]. Vall med foderlosta på sandig lerjord komprimerad med 118 kPa efter den tredje skörden i september i Estland visade högre bulkdensitet och 48 % minskad rotlängd i det översta jordlagret (0–10 cm) och 37 % minskad

rotlängd djupare ned (10–30 cm), [15]. På samma sätt hade hjulspår från skördemaskiner med full last på 12 000 kg och en axellast på 3 500 kg i en luservall i slutet av september högre densitet ner till 10 cm djup, vilket orsakade förändringar i markstrukturen och 10 % minskad luftledningsförmåga [16].

Markens textur och struktur avgör också risken för trafikskador på vallar. Timotejdominerade vallar på torvjordar var mer sårbara för traktortrafik både på våren och under skörden än på sandjordar. På torvjordar orsakade lätt traktortrafik (axellast 2 800 kg) endast 7–10 % skördeminskning, jämfört med 14–16 % minskning med medeltung traktortrafik (axellast 4300 kg) [17]. Å andra sidan visade en annan studie inga signifikanta minskningar av avkastningen eller klöverinnehållet på grund av lätt eller tung traktortrafik efter skörd på tre platser i Norge [18]. Detta visar att vallar på sommaren ibland inte är lika känsliga för traktortrafik.

2.7.6 Slutsatser och kunskapsluckor

Spridning av stallgödsel och flytgödsel, kalkning och bevattning kan vara fördelaktigt för vallar, men effekten beror på det verkliga behovet av den specifika behandlingen. Fast- eller flytgödselspridning är mer fördelaktigt för avkastningen när det inte finns någon annan gödsling eller kalkning, kalkning är mer positivt på surare jordar och bevattning är mer effektivt under mycket torra förhållanden. Dessutom tolererar olika vallarter lågt pH och torka på olika sätt och det är viktigt att välja rätt artsammansättning för jordmånen och klimatet. Precis som gödsling bör kalkning planeras efter noggrann markkartering och med hjälp av beräkningsverktyg [19].

Tung traktortrafik bör om möjligt undvikas tidigt på våren, när jorden är våt. Skador orsakas både av direkta skador på växterna och av markpackning i rotzonen som hindrar rottillväxt och markluftning.

Klimatförändringarna kommer sannolikt att orsaka fler extrema händelser, både torka och översvämningar. Mer forskning behövs för att ytterligare utveckla rekommendationer om åtgärder, särskilt för bevattning.

2.7.7 Referenser

1. Repsiene, R. and D. Ozeraitiene, Manuring effect on the soil properties and crop rotation yield. Zemdirbyste, Mokslo Darbai, 2006. 93(4): p. 199-209.
2. Repsiene, R., D. Ozeraitiene, and R. Skuodiene. The effects of long-term manure application on DM yield of perennial grasses and soil chemical properties. in EGF. 2005. Tartu, Estonia: Estonian Grassland Soc-Egs.

3. Løes, A.K., Animal manure - reduced quality by anaerobic digestion?, in 'Building Organic Bridges', at the Organic World Congress 2014. 2014, Organic World Congress: Istanbul. p. 891-894.
4. Johansen, A., et al. Anaerobic digestion of animal manure - implications for crop yields and soil biota in organic farming. in NJF. 2015. Uppsala: Nordic Assoc Agricultural Scientists-Njf.
5. Li, H.H., et al., Advantages of grass-legume mixture for improvement of crop growth and reducing potential nitrogen loss in a boreal climate. *Agricultural and Food Science*, 2019. 28(4): p. 176-189.
6. Fystro, G. and A.K. Bakken, Soil reaction, yields and herbage element content as affected by lime applied on established leys in a multi-site field trial. *Journal of Agricultural Science*, 2005. 143: p. 407-420.
7. Tomchuk, D., R. Skuodiene, and J. Aleinikoviene. Soil acidity effect on agrocenoses with perennial grasses. in EGF. 2016. Ås, Norway: Nibio.
8. Tomchuk, D., R. Skuodiene, and J. Slepetyš, The influence of soil acidity on development of forage legumes in the sowing year *Dirvožemio rugstingumo itaka pupiniu daugiamečiu zoliu augimui ir vystymuisi sejos metais*. *Zemes ukio Mokslai*, 2015. 22(2): p. 81-92.
9. Skuodiene, R., D. Tomchuk, and J. Aleinikoviene, Plant root morphology and soil biological indicators under primary development of various swards. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 2017. 67(5): p. 435-443.
10. Nekrosiene, R., G. Tulabienė, and R. Repšienė. Changes of perennial grasses agrocenosis depending on the soil reaction and nutrients. in EGF. 2006. Madrid, Spain: Sociedad Espanola para el Estudio de los Pastos (SEEP).
11. Meurer, K.H.E., et al., Shoot and root production in mixed grass ley under daily fertilization and irrigation: validating the N productivity concept under field conditions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2019. 115(1): p. 85-99.
12. Sørensen, K., M. Andersen, and F. Plaumborg. Irrigation of grass/clover under grazing and cutting. in EGF. 2006. Madrid, Spain: Sociedad Espanola para el Estudio de los Pastos (SEEP).
13. Wesström, I., N. Nilsson-Linde, and A. Joel, Supplemental irrigation - a measure to sustain yield in mixed grass-legume ley systems during drought periods in EGF, L. Delaby, et al., Editors. 2022, Wageningen Academic Publishers: Caen, France. p. 500-502.
14. Jørgensen, R.N., et al., Estimating impact on clover-grass yield caused by traffic intensities, in *Precision Farming 09*, C. Lokhorst and P.W.G. Groot Koerkamp, Editors. 2009, Wageningen Academic Publishers: Wageningen, the Netherlands. p. 143-147.
15. Krebstein, K., et al., The effect of tractor wheeling on the soil properties root growth of smooth brome. *Plant Soil and Environment*, 2014. 60(2): p. 74-79.
16. Krebstein, K., et al., Soil compaction in a Cambisol under grassland in Estonia. *Zemdirbyste-Agriculture*, 2013. 100(1): p. 33-38.

17. Volden, B., et al., Effects of traffic and fertilization levels on grass yields in northern Norway. *Agricultural and Food Science in Finland*, 2002. 11(3): p. 219-231.
18. Rivedal, S., et al. The impact of contrasting management conditions on clover performance. in EGF. 2013. Borgarnes, Iceland: Agricultural University of Iceland.
19. Jordbruksverket, Rekommendationer för gödsling och kalkning. 2023, Jordbruksverket: Jönköping.

2.8 Etablering av vallar

Cecilia Palmborg, Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU

2.8.1 Inledning

Vallar etableras per definition från frön mer eller mindre regelbundet. En framgångsrik och jämn etablering av vallgrödor med en liten mängd ogräs är avgörande för vallproduktionen. Framgången är beroende av såtid, utsädesmängd och etableringsteknik.

2.8.2 Tid för sådd

Etablering på våren har rekommenderats för vallar med gräs och baljväxter, men mer frekvent vårtorka har motiverat försök med höstsådd. Rödklöver (*Trifolium pratense*) sorterna 'Vicky', 'Rozeta', 'Taifun' och 'Ares'; vitklöver (*Trifolium repens*) 'Hebe'; och blå lusern (*Medicago sativa*) 'Nexus' etablerades framgångsrikt tre år i rad i Skåne och Västergötland i augusti och i Skåne även i mitten av september [1]. I Örebro var dock plantornas vinteröverlevnad endast tillfredsställande ett år av tre efter sådd i mitten av augusti. Sådd i oktober gav dålig vinteröverlevnad på alla tre platserna.

Hur såtiden påverkar biomassan kan varieras mellan sorter. *Festulolium* ($\times$ *Festulolium*) sorterna 'Punia' och 'Vetra' etablerades under två på varandra följande år. 'Punia' hade högre produktion av biomassa från skott under det första produktionsåret efter sådd sent i juni eller tidigt i juli än vid tidigare sådd. 'Vetra', å andra sidan, hade högre skottbiomassa under ett av åren när den såddes i början av maj jämfört med senare [2].

2.8.3 Utsädesmängd

När utsädesmängden varierade mellan 25 och 125 % av normal utsädesmängd - för monokultur påverkade det inte avkastningen under det första skördeåret för rödklöversorten 'Ilte' [3]. De mindre täta vallarna hade fler skott per planta. När rödklöversorterna 'Ilte' och 'Varte' såddes in i tidigt vårvete var den optimala utsädesmängden av rödklöver i monokultur 4–6 kg per ha [4].

Olika såstrategier för rödklöver/timotej (*Phleum pratense*)/ängssvingel (*Lolium pratense*) vall insådd i korn testades på moig-mjällig morän [5]. En utsädesmängd på 100 klöverfrön per m² (ca 3 kg per ha) var tillräckligt för att få en rödklöverhalt på 60 % under det andra skördeåret, vilket också maximerade torrsubstansavkastningen. Under det första skördeåret fanns det dock inga signifikanta skillnader i avkastning ens med den lägsta utsädesmängden, 50 frön per m². Varken ympning med kalk och *Rhizobium* eller sådd med klöverfrön tidigt på våren under skördeåren påverkade klöverhalten i vallen.

2.8.4 Etableringsteknik

Att använda en ettårig skyddsgröda är en vanlig teknik som används för att få en skörd under etableringsåret och undvika kraftig ogrästtillväxt när plantorna är små. Sådd av rödklöver/ängssvingel med vårkorn kan göras vid samma tillfälle [6]. Vid bredspridning av vallfrön efter såbillarna med korn och användning av presshjul eller pinnharv för att täcka fröna lyckades etableringen på lerjord och ogrästtillväxten var måttlig. Denna metod kan ersätta den tidigare rekommenderade sådden av korn- och vallfrön vid separata tillfällen. Separat vältning efter sådden var fördelaktigt endast ett år av fyra.

Vallar med rödklöver och engelskt rajgräs (*Lolium perenne*) etablerades lika bra som insådd i korn eller ärt som utan skyddsgröda. Den totala avkastningen under etableringsåret och det första vallåret var dock högst vid insådd i korn båda åren, medan systemet vid insådd av ärter var mer produktivt än utan skyddsgröda under ett torrt etableringsår, men inte under ett blötare år. För lusern/engelskt rajgräs gav insådd i ärter eller korn endast högre totalavkastning jämfört med utan skyddsgröda under det torra etableringsåret [7].

2.8.5 Återsådd/renovering av vallar

Det är svårt att avgöra när återsådd av vinterskadade vallar kan vara framgångsrikt. Att så om rödklöver för att öka avkastningen och proteinhalten i vallen är vanligast, eftersom rödklöver är känslig för vinterskador, men framgången beror på vallens täthet [8]. En serie skadade vallar med 0–100 % växttäckning av timotej eller engelskt rajgräs på sandig lerjord skapades genom glyfosatbehandling. Rödklöverfröna såddes med en direktsåmaskin efter att vallarna skördats antingen på sommaren eller på våren. I en timotejvall var etableringen av rödklöver framgångsrik när den ursprungliga grästäckningen var 30 % eller mindre på sensommaren och 50 % eller mindre tidigt på våren. Rajgräset hade en bättre förmåga än timotejen att fylla kala fläckar i jorden och därför krävdes en inledande grästäckning på 15 % eller mindre för en lyckad klöveretablering i de fleråriga rajgräsvallarna. En annan studie visade att blommande gräs, särskilt timotej och engelskt rajgräs, kan hämma groningen av rödklöverfrön. Därför var sådd av rödklöverfrön mer framgångsrik i början av maj eller augusti än i slutet av maj [9]. I Nordnorge var etableringen av rödklöver i gräsvallar mest framgångsrik när den vårsåddes med 10 kg per ha [10].

Anaeroba förhållanden under is kan leda till ackumulering av smörsyra (butyrat) i jorden, vilket orsakar hämning av frögroning. Vid omsådd efter att is har dödats den föregående grödan kan detta motivera en 1-2 veckors fördröjning av sådden, även om denna fördröjning också skulle minska tillgängligt markvatten för groningen [11].

2.8.6 Slutsatser och kunskapsluckor

Etableringen av en vall är en investering under flera år. Den bör göras grundligt med anpassningar till de lokala jordarna och klimatet. Det finns för få och spridda artiklar om valletablering i detta material för att dra generella slutsatser. Fröföretagen gör dock en hel del utvecklingsarbete när det gäller såmängder av frön och det finns bra teknik för etablering. Den största risken är att lantbrukare tar genvägar och tillämpar metoder som bara fungerar för grödor med större frön, t.ex. direktsådd utan plöjning eller för djup sådd, vilket ger en dålig etablering av de mycket mindre vallfröna. Därför är det viktigt att följa rekommendationerna om såmängder och välja lämpliga tekniker för såbäddsberedning och sådd. Mer forskning om alternativa såningstider för vallväxter behövs för anpassning till vår- och sommartorkan som har blivit allt vanligare, särskilt i sydöstra Sverige. Att så om vall på jordar som har översvämmats och kanske också täckts av sediment är en annan klimatutmaning som kan kräva nya lösningar och vallarter med högre tolerans mot översvämning.

2.8.7 Referenser

1. Hallin, O., Tidpunkt och art för insådd av vallbaljväxter på hösten, in SverigeFörsöken. 2022, Hushållningssällskapen. p. 98-102.
2. Leliuniene, J., et al., Impact of fertilization and sowing time on formation of productivity seedling elements of *Festulolium*. Journal of Food, Agriculture & Environment, 2014. 12(2): p. 515-519.
3. Geherman, V., R. Viiralt, and A. Parol, The yield ability of red clover depending on year of productivity and seed rate. Transactions of the Estonian Agricultural University, Agronomy, 2005(220): p. 141-143.
4. Bender, A., Impact of the seeding and nitrogen fertilizer rates of spring wheat that is used as a cover crop on the yielding ability of tetraploid red clover stand established at different seeding rates. Agronomy Research, 2017. 15(1): p. 33-43.
5. Nykanen-Kurki, P., et al. Effect of sowing strategy on clover performance in an organic red clover-grass mixture. in EGF. 2004. Zurich, Switzerland: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich.
6. Känkänen, H.J., H.J. Mikkola, and C.I. Eriksson, Effect of sowing technique on growth of undersown crop and yield of spring barley. Journal of Agronomy and Crop Science, 2001. 187(2): p. 127-136.
7. Sarunaite, L., Z. Kadziuliene, and L. Kadziulis. Nutritive value and early yield formation of legume-grass swards in a crop rotation. in EGF. 2012. Lublin, Poland: Polish Grassland Soc.
8. Rueda-Ayala, V.P. and M. Höglind, Determining Thresholds for Grassland Renovation by Sod-Seeding. Agronomy-Basel, 2019. 9(12): p. 15.
9. Kryzeviciene, A., et al. Allelopathic effect of forage grasses on red clover (*Trifolium pratense* L.) seed germination. in EGF. 2003. Pleven, Bulgaria: Bulgarian Association for Grassland and Forage Production (BAGFP).

10. Sturite, I. and T. Lunnan. Persistence and establishment of red clover under extensive forage production systems in Norway. in NJF. 2015. Riga, Latvia: Nordic Assoc Agricultural Scientists-NJF.
11. Brandsæter, L.O., et al., Identification of phytotoxic substances in soils following winter injury of grasses as estimated by a bioassay. Canadian Journal of Plant Science, 2005. 85(1): p. 115-123.

2.9 Gödsling

Cecilia Palmborg, Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU

2.9.1 Introduktion

Rekommendationer för gödsling baseras på markanalys av tillgängliga näringsämnen för alla näringsämnen utom kväve. Standardmetoderna för analys och klassificering av näringsämnen i marken skiljer sig åt mellan olika länder. På grund av detta är det svårt att jämföra studier från olika länder. Därför kommer denna översikt inte att ge gödslingsrekommendationer för fosfor (P), kalium (K) och andra näringsämnen utan istället sammanfatta effekter på avkastning, näringsupptag, botanisk sammansättning, foderkvalitet och sjukdomar i fleråriga vallgrödor. När det finns tillgängligt hänvisar vi till marknivåer av näringsämnen som analyserats med de svenska standardmetoderna; extraktion med ammoniumlaktat för växttillgänglig P (P_{AL}) eller K (K_{AL}) och med saltsyra för långsiktigt tillgängliga markpooler av P (P_{HCl}) och K (K_{HCl}). Svenska nationella riktlinjer för gödsling finns i "Rekommendationer för gödsling och kalkning" (Jordbruksverket 2023) [1]. Alla gödslingsnivåer anges som näringsämnen per ha och år, om inte annat anges.

Näringsbehovet skiljer sig också mellan olika vallarter. Den mest grundläggande skillnaden är mellan baljväxter, som fixerar sitt eget kväve i symbios med *Rhizobium*-bakterier, och andra växter. På grund av detta granskas studier av gräsvallar och vallar som innehåller baljväxter separat.

2.9.2 Gräsvallar

Kväve

Fodergräs väljs ut för att de är snabbväxande och har ett högt näringsinnehåll. Det näringsämne som oftast begränsar tillväxthastigheten är kväve (N), eftersom fotosyntesen utförs av kväverika proteiner. De flesta gödslingsstudier i vallar med gräs innebär att man ger ökande mängder kväve antingen i mineralform, i kombination med andra näringsämnen eller som organiskt gödselmedel. N-gödsling ökar i allmänhet tillväxthastigheten hos gräs. Ett svenskt experiment med fyra gräsarter visade upp till en femfaldig ökning av biomassan med 200 kg N [2]. Den potentiella avkastningen bestäms dock främst av gräsets tillgång till vatten [2], temperatur, ljus och deras genetiska potential för tillväxt [3]. Skador orsakade av traktortrafik kan också begränsa effekten av en ökad N-gödsling [4]. Platser med mer optimala miljöförhållanden och gräs med hög avkastningspotential behöver högre N-gödsling för att uppnå avkastningspotentialen. Gödslingseffekten är oftast en kurva med minskande marginaleffekt (avkastningsökning per ytterligare kg N) över 100–200 kg N [3, 5, 6]. En analys av marginell gödslingseffekt i sex försök

med kombinationer av timotej (*Phleum pratense*) och ängssvingel (*Festuca pratensis*) eller rörsvingelhybrider (*Festuca arundinacea*) visade på minskande marginaleffekt från 23–48 kg ts/kg vid en gödslingsnivå på 90 kg N/ha till 7–28 kg ts/kg vid 270 kg N/ha. Den marginella gödslingseffekten var i allmänhet högre i blandningar med rörsvingelhybrider (x *Festulolium*) [7]. I samma försök ökade råproteinkoncentrationen i gräset med ökande N-gödsling, men endast under de två första skördarna. Ofta ökar låg N-gödsling endast avkastningen, inte råproteinkoncentrationen [8–10]. För timotej och ängssvingel i Finland ökade råproteinkoncentrationen endast med gödsling högre än 150 kg N på en plats och 200 kg N på den andra platsen [3]. Råprotein kan också kopplas till andra foderparametrar, till exempel korrelerade fettsyrakoncentrationerna positivt med råproteininnehållet även om de inte påverkades direkt av N-gödsling [11]. Vid hög N-gödsling kan å andra sidan icke-proteinkväve som nitrat ackumuleras, vilket kan vara skadligt i höga koncentrationer [6, 12]. På grund av detta rekommenderas inte överdriven N-gödsling.

Effekterna av N-gödsling på fiberkvaliteten är inte konsekventa. Fodersmältbarheten minskade med ökande N-gödsling i ett treskördesystem med timotej [12] och engelskt rajgräs (*Lolium perenne*) [13] men i en studie från Lettland påverkades inte smältbarheten signifikant av N-gödsling i engelskt rajgräs och rajgräshybrider (*Lolium x boucheanum*) [14]. Både råprotein- och råfiberinnehållet i engelskt rajgräs var positivt korrelerat med N-gödsling [15]. En trolig orsak till högre NDF eller lägre smältbarhet kan vara en ökande andel stjälk, vilket konstaterades i andra och tredje skörden av timotej vid hög N-gödsling i Finland [12]. Smältbar energi var lägre i de första skördarna med högre N-gödsling, men högre i den andra och tredje skörden av timotej och ängssvingel eller rörsvingelhybrid [16]. På samma sätt minskade NDF-koncentrationen i andra skörden vid ökad kvävegödsling [11] men ökad kvävegödsling påverkade inte NDF-nedbrytningen i timotej skördad två gånger per år [8].

NPK

När gräsets grundläggande N-behov är täckt behövs P- och/eller K-gödsling på jordar med låg växttillgänglig P och/eller K. I studier av gräsets P- och K-behov ges ofta en grundläggande gödsling med mineralkväve eller, i studier av ekologiska vallar, som organiska gödselmedel. Studier av P- och K-gödsling görs ofta på jordar som har låg P- och/eller K-status.

På sandiga jordar i Danmark kunde rörflen (*Phalaris arundinacea*) och rörsvingel i ett system med tre skördar inte utnyttja N-gödslingen fullt ut under det andra och tredje skördeåret utan P- och K-gödsling [17]. I engelskt rajgräs var korrelationen mellan avkastning och N-gödsling dubbelt så stor som korrelationen till P- och K-gödsling. K-effekten var vanligtvis större än P-effekten [15]. På mark som inte hade fått någon P- eller K-gödsling under de senaste 30 åren ökade skörden

av engelskt rajgräs som gödslats med 120 kg N med K-gödsling det första året och med P-gödsling det andra året [18]. Engelskt rajgräs i Estland med 4–6 skördar, med så mycket som 400–500 kg N i balanserat mineralgödselmedel (N 18, P 4, K 7,5 plus Ca, Mg, S, B och Se) gav en bra N-återvinning i skördat gräs (59–70 % av tillfört N) [20].

Brist på näringsämnen kan också påverka den botaniska sammansättningen. Balanserad gödsling med NPK gynnade både sådda gräs och kvickrot i en långliggande vall (36 år) [19].

Fosfor

Fosfor (P) i marken är inte särskilt lösligt. Den är bunden till kalcium, järn, aluminium och organiska partiklar. Lösligheten är pH-beroende, med maximal löslighet mellan pH 6 och 7. En finsk studie visade ökad avkastning av timotej efter P-gödsling endast i början av juni under det tredje vallåret, trots att det P-gödslade gräset hade ökat upptaget av P vid fyra provtagningstillfällen i juni [21]. Endast ett av tre norska fält med timotej/ängssvingel, som valts ut för att ha låg P-halt i marken, visade en signifikant skördeeffekt av P-gödsling, även vid en hög N-gödslingsnivå [22]. En finsk studie av två jordar med låg växttillgänglig P visade att gräset kunde ta upp tillräckligt med P för tillväxt från en lerjord men inte från en torvjord [23]. På liknande sätt gav långtidsgödsling med 45 kg P ökade vallskördar i en sur lerjord rik på organiskt material och fattig på P, men inte i en lerjord och P-rik jord i Finland [24]. I två studier av gräsrötter i Finland var långvarig P-gödsling positiv för rotvikten och rotytan [25, 26].

Kalium

Behovet av kalium (K) i vallar är högt. Kalium är lösligt i gödselmedel och jordar och mineralbundet K frigörs genom vittring (lerjordar 35–65 kg K/ha och år och sandjordar 8 kg K/ha och år). Växternas upptag av kalium konkurrerar också med upptaget av andra positivt laddade joner och överdriven K-gödsling kan leda till minskat upptag av t.ex. magnesium (Mg). Kvoten K_{AL}/Mg_{AL} bör inte överstiga 3 i jorden. Växtens tillgång till K och Mg är beroende av markens mineralogi och i slutändan behöver K- och Mg-gödslingen utvärderas genom foderanalyser [1]. Den önskade K-koncentrationen i vallfoder för idisslare är >20 g/kg TS och K/Mg-kvoten i vallfodret bör vara cirka 4–5 för dräktiga djur och 5–6 för övriga djurkategorier för att minimera risken för beteskramp och kalvningsförlamning [27].

Kalium är oftast inte avkastningsbegränsande i gräs, men om gräset endast N-gödslas kan K-poolerna i jorden utarmas eftersom mycket K förs bort med den skördade biomassans och K inte återförs naturligt med urin som i betessystem. Detta är mest uppenbart i sandjordar med låg K-halt, där avkastningsminskningar registrerades när K-koncentrationen i gräset var lägre än 18 g/kg ts [28]. På lerjordar

och mo-mjälajordar är K oftast inte tillväxtbegränsande. En finsk studie visade att de nuvarande rekommendationerna för K-gödsling, 130-170 kg K, för tre platser med högt, medelhögt eller lågt K_{HCl} i marken var för höga och att 50 kg K skulle räcka för gräsets tillväxt [29]. I en studie, där Mg och Ca också rapporterades, ledde en gödsling med mer än 120 kg K till en gräsvall att kvoten $K/Mg+Ca$ i gräs från första skörden hamnade över den kritiska gränsen på 2,2 där det finns en ökad risk för beteskrampd på de flesta lerjordar och sandjordar med hög K-status [28].

Sten- och askbaserade gödselmedel

Alternativa P- och K-källor har undersökts för ekologiskt jordbruk. Krossade mineraler, men inte gruvavfall, frigjorde K på lång sikt, men kunde inte tillföra grödan lika mycket K som KCl. Gräset tog upp 30 % av K som fanns i krossad karbonatit, vilket var den sten som gav mest [30]. Träaska kunde ersätta mineralisk PK-gödsling till rörflen eller festulolium på en sandig lerjord i Lettland utan att sänka avkastningen [31]. I rörflen ökade gödsling med träaska också N-upptaget i ett system med två skördar.

Organiska gödselmedel

Organiska gödselmedel ger också flera näringsämnen, ofta med en bra balans. I gödsel från nötkreatur är dock en stor del av kvävet organiskt och inte direkt växttillgängligt. Ofta appliceras fast gödsel före valletablering. Gödselspridning på våren direkt före valletablering var mer fördelaktigt för vall med engelskt rajgräs än höst- eller vinterspridning [32]. Torkad svinflytgödsel, som antingen var obehandlad, rötad eller kompletterad med träbiokol som gavs före etableringen, ökade avkastningen och markens P och K under det andra skördeåret i timotej eller rörsvingel som gödslats med NPK på en sandjord i Norge [33]. Komposterat hushållsavfall/rötslam med mycket hög giva (820 kg N/ha) före valletablering + NK-gödsling under skördeåren kunde ersätta mineralgödsel-P till gräsvall och till och med öka avkastningen jämfört med NK-gödsling det andra året [34].

Under skördeåren förloras det oorganiska kvävet lätt som ammoniakutsläpp till luften om gödseln sprids på ytan. Utnyttjandet av kväve i nötflytgödsel kan förbättras genom anaerob rötning följt av separation av den flytande fraktionen i två steg. Under tre år och på två platser i Finland gav den flytande fraktionen av rötresten nästan samma avkastning i andra och tredje skörden som mineralgödsel med kväve [35]. Rötrest från gräsgödsel och fleråriga gräs ökade skörden av hundäxing (*Dactylis glomerata*) när det applicerades upprepade gånger under fem år i rad. Under det sista året gav biogasresterna högre avkastning än mineral-N vid samma appliceringsmängd av total-N [36]. Detta är inte alltid fallet, eftersom mineralisk NPK i en annan studie gav 2 ton högre ts-avkastning av rörflen eller festulolium än rötrest. [31]. När flytgödsel spreds på en ganska fattig jord gav rötad och orötad nötflytgödsel högre avkastning än mineral-N, även om ammoniumet i

rötresten troligen förlorades som ammoniakavgång i hög grad på grund av högt pH och spridning genom bredspridning [37]. Flytgödsel från nötkreatur med tillsatta frön har testats i Norge för återsådd av gräs men var oftast inte mer framgångsrikt än konventionell återsådd [38].

Övriga näringsämnen

Gödsling av vallar med andra näringsämnen än NPK har endast rapporterats i ett fåtal studier. Kloridgödsling kan minska skillnaden mellan katjoner och anjoner i fodret (DCAD) och därmed minska risken för hypokalcemi efter kalvning och risken för kalvningsförflamning. De lägsta DCAD-värdena uppmättes i rörflen och engelskt rajgräs [39]. Låg K-tillförsel i kombination med Cl-gödsling sänker DCAD [40]. Mg- och S-tillskott till NPK-gödsling påverkade bladfläcksjuka och rost i engelskt rajgräs, men effekten var inte alltid negativ på sjukdomen [41].

2.9.3 Baljväxter och vallar med gräs/baljväxter

Kväve

Om man har en eller flera baljväxter i vallen minskar behovet av N-gödsling kraftigt. I allmänhet leder N-gödsling till mindre avkastningsökningar från vallar bestående av gräs/baljväxter än gräs i renbestånd [42]. Ogödslade, PK-gödslade eller enbart organiskt gödslade gräs-/baljväxtvallar eller rena baljväxtvallar ger ofta lika mycket eller mer avkastning som N-gödslade gräsvallar [6, 42–47]. Orsaken till detta är både minskad konkurrens om kväve eftersom baljväxterna till stor del förlitar sig på symbiotiskt fixerat kväve samt överföring av kväve från baljväxter till icke-baljväxter. I gräs-/klöverbestånd kan kvävetillförseln från klöverrötter vara i samma storleksordning som N-upptaget i skörden [48]. Alltför höga baljväxthalter kan dock leda till större skördeförluster vid höbärgning, behov av kemiska tillsatser vid ensilering på grund av hög buffertkapacitet och ett behov av att komplettera vallens höga proteininnehåll med kolhydratrikt foder, t.ex. helsädes- eller majsensilage (se andra avsnitt i denna rapport). Kvävegödsling kan ge en bättre balans mellan gräs och klöver. Utan kvävegödsling tenderar baljväxterna ofta att dominera, åtminstone under de första åren. Dessutom kan avkastningen i ogödslade gräs-/klövervallar minska under det tredje eller fjärde skördeåret [45, 47] troligen på grund av klöversjukdomar, särskilt i rödklöver (*Trifolium pratense*). Genom att inkludera vitklöver (*Trifolium repens*) i blandningen kan man få ett mer långvarigt klöverinnehåll. Under fem år gav måttligt N-gödslade (20–70 kg) fyrartsvallar med vitklöver högre skörd än monokulturer med gräs eller klöver [49]. Lusern (*Medicago sativa*) och/eller fodergetruta (*Galega orientalis* tidigare kallad getärt) ger tillsammans med gräs också en mer stabil avkastning i långliggande vallar [44, 50].

Effekten av N-gödsling är mycket beroende av baljväxtinnehållet och av baljväxtarten. Bestämning av klöverinnehållet via bildanalys kan vara ett användbart verktyg för att optimera N-gödsling i blandvallar [51]. N-gödsling påverkar konkurrensen mellan olika arter. Ökad gräsbiomassa skuggar baljväxterna och ger mindre energi till kvävefixeringen. Gödsling med ökande N-mängder från 100–400 kg N ökade avkastningen jämfört med ogödslade vallar, men minskade klöver- och råproteininnehållet i gräs- och klörevallar med både vit- och rödklöver det första skördeåret [51]. Under det andra skördeåret var skördeökningen med ökande N-gödsling mycket liten eftersom klöverinnehållet var högt (53–62 %) i de ogödslade ytorna. Samma mönster observerades också i en vall med fem arter av gräs och klöver: N-gödsling var lönsamt det första året, men på grund av en lägre avkastning och lägre klöverhalt i N-gödslade rutor, var det inte lönsamt år två [52]. Naturliga ängar och gräs-/klörevallar på 700 meters höjd över havet i Norge gav ökad avkastning i ett tvåskördesystem med N-gödsling, särskilt upp till 120 kg N/ha. Klöverförekomsten minskade dock med ökande N-gödsling och vitklövern försvann nästan helt vid 180 kg N/ha [53]. Därför är det nödvändigt att ta hänsyn till effekten av N-gödslingsstrategin under hela vallens liggtid. I en sammanställning av 15 försök med N-gödsling var de marginella N-responserna i gräs-/klörevallar endast tillräckligt stora för att vara lönsamma när klöverhalten var ≤ 20 %. Då krävdes 210–250 kg N, som huvudsakligen gavs till första skörden, för att uppnå tillräckligt högt råprotein för högproducerande nötkreatur. Med klöverhalter över 30 % på våren fanns det i allmänhet inget behov av N-gödsling [7]. Då var dock råproteinivåerna för höga för hästar. I samma studie föreslogs att N-gödsling endast till första skörden skulle kunna vara en bra strategi för att kunna utnyttja gräsets starka tillväxtpotential på våren och klöverns N-fixeringsförmåga och tillväxt på sommaren. I ett försök med både gräsvallar och gräs-/klörevallar var gräs-/klörevallarna alltid mer produktiva och hade högre råproteinhalt vid samma N-gödslingsnivå [54]. På samma sätt visar vissa studier att vallar med fodergetruta och gräs ofta inte alls gynnas av N-gödsling [55–57]. I Estland gav blandningar med fodergetruta och timotej eller foderlost (*Bromus inermis*) ökad avkastning med upp till 100 kg N, men inte fodergetruta/ängssvingel [57]. I både renbestånd av fodergetruta och blandningar av gräs och fodergetruta ökade dock avkastningen vid gödsling med 50 kg N i början av växtsäsongen i Estland [50]. Flera olika lusernsorter i Lettland gynnades av gödsling med P och K men behövde inte N-gödsling [58].

Foderkvaliteten kan förbättras genom N-gödsling av vallar med gräs/baljväxter, men det är inte alltid fallet. Avkastningens råproteinhalt är starkt beroende av baljväxtinnehållet, eftersom baljväxter oftast har högre råproteinhalt än gräs. Råproteininnehållet i vallar av gräs/baljväxter kan öka med N-gödsling [59], men ibland minska [60, 61] på grund av minskad baljväxtandel i vallen. Innehållet av fibrer (NDF) ökade efter N-gödsling i vissa fodergetruta/gräsblandningar, men

minskade i andra [50]. Andra studier visar ingen effekt av N-gödsling på NDF [8, 50]. Smältbarheten påverkades inte av N-gödsling i vallar med många arter [59]. I en annan studie ökade 250 kg N smältbarheten i en vall med fem arter vid endast ett skördetillfälle av sex [52]. Inblandning av klöver minskade den smältbara energin i blandningar med timotej och ängssvingel eller rörsvingelhybrid [16].

NPK

Regelbunden och hög NPK-gödsling ökade vallskörden på ogynnsamma platser till samma nivå som måttligt NPK-gödslade vallar på gynnsamma platser i långliggande försök i södra Sverige [62]. En god PK-status till följd av långvarig PK-gödsling i Litauen ökade avkastningen på rödklöverdominerade vallar, men ökade också vissa svampsjukdomar på grund av tätare vallar [63]. På liknande sätt ökade långsiktig balanserad NPK-gödsling i Estland avkastningen av timotej/rödklöver 1,3–2,6 gånger, där den högre siffran är från det andra skördeåret när vallarna gödslades [64].

Fosfor

Baljväxter har ofta ett högre behov av fosfor än gräs. Vitklövertillväxten var P-begränsad både med och utan N-gödsling, medan engelskt rajgräs huvudsakligen var N-begränsat men mer P-begränsat när det odlades i blandning med klöver [18]. P-behovet kan dock täckas genom tillförsel av P till andra, mer P-krävande grödor i växtföljden [64].

Kalium

I studier med en grundläggande N- eller NP-gödsling kan K bli begränsande för tillväxt av blandvallar på sandjordar. I norska sandjordar med K lösligt i $\text{HNO}_3 < 249 \text{ mg/kg}$ minskade K-frigörelsen från jorden från det första till det tredje skördeåret. Under det andra och tredje skördeåret hade noll K-gödsling lägre avkastning än gödsling med 60 kg K, men för att nå $>2 \text{ g K/kg ts}$ i grovfoder behövdes 120 kg K under det andra och 180 kg K under det tredje skördeåret. Ingen avkastningsrespons hittades under de år då K_{AL} var $>80 \text{ mg K/kg jord}$. K_{AL} -data var dock inte tillräckligt för att förutsäga växternas upptag av K, eftersom ungefär hälften av K i växterna frigörs från K-reserver [65]. I studier utan N-gödselmedel är K oftast inte begränsande för växternas tillväxt. K-koncentrationerna i fodret kan dock vara för låga [66]. I en jämförelse mellan konventionella och ekologiska system på samma platser var både avkastningen och K-koncentrationerna i grovfodret oftast lägre i ekologiska system som hade lägre tillförsel av K. Båda systemen hade dock ett mycket högre bortförsel än tillförsel av K och negativa trender under 16 år i K-koncentrationerna i skördarna. Detta visar att med tillförsel av mineralgödselmedel för kväve behövs ökad K-gödsling för att kompensera för den högre bortförseln av K [67]. I en annan norsk studie på ekologiska fält var

tillväxten av både gräs och rödklöver K-begränsad på en torvjord, men vallskörden var N-begränsad på sandjord när 60 kg K i form av gödsel gavs varje år [68]. En långtidsstudie, där en växtföljd med vall och gödseltillförsel jämfördes med en växtföljd utan vall, visade ett större upptag av K med skördarna med vall. Jordar med mer lera kunde upprätthålla K-koncentrationer >2 g/kg ts i gräs/klöver utan K-gödsling, medan sandig lerjord och lerig sand behövde mineralgödsling för detta. Men endast platsen med lerig sand behövde K-gödsling på en nivå som var lika med K i den skördade biomassan för att optimera gräs-/klöveravkastningen på lång sikt [69]. De svenska nationella rekommendationerna för K-gödsling till vallar är att fördela gödslingen till varje skörd och gröda. En estnisk studie som inkluderade rödklöver i växtföljden visade dock att det var mer lönsamt att ge extra K till de mer K-krävande grödorna (potatis och rödklöver) och inte till spannmålsgrödorna, istället för att fördela K till alla grödor [70]. Flytgödsel från nötkreatur var inte tillräckligt för att ersätta P och K som avlägsnades med skördarna under omställningen till ekologiskt jordbruk i två experiment som simulerade en mjölgård och en dikogård i Norge [71].

Organiska gödselmedel

Regelbunden gödsling ökar vallskördarna jämfört med att inte gödsla [72, 73]. I ett kortare perspektiv ökar dock inte alltid gödselgivan avkastningen. Kompost av bioavfall eller nötkreaturgödsel minskade klöverskörden mer än den ökade grässkörden under det första skördeåret, med små skillnader i totalskörd det andra året [34]. Alla komposter ledde till lägre kväveutnyttjande vid den högre givan. Vid god klöveretablering gav tillförsel av stallgödsel före valletablering nästan lika hög gräs-/klöveravkastning det första skördeåret som NPK-gödsling, men under det andra och tredje skördeåret minskade avkastningen utan gödsling [74]. Tillförsel av nötkreaturgödsel vid etableringen följt av tillförsel av nötkreatursurin under skördeåren gav lägre gräs-/klöverskördar men liknande eller högre kväveskördar än NPK-gödsel på en lerjord i Finland [75]. Ekologiskt jordbruk i Danmark på lerig sand ökade gräs-/klöverskörden (5-18 %) genom tillförsel av 200 kg N genom nötkreaturgödsel på våren och efter första skörd [72]. Ett liknande försök med vallar med två eller tre arter av gräs/klöver gav ökad produktion av både engelskt rajgräs och vit- och rödklöver genom tillförsel av 200 kg N i nötflytgödsel två gånger per år. Inblandningen av rödklöver ökade avkastningen under de tre första skördeåren, men gav minskad avkastning under det fjärde året [76]. Stallgödsel och torkat sjösediment gav en långsiktig förbättring av vallproduktionen, särskilt i kombination med måttlig NPK-gödsling [77]. Balanserad NPK-gödsling ökade vallskörden i norra Estland oavsett om PK kom från enbart mineralgödsel eller från både mineralgödsel och stallgödsel [64].

Flytgödsel från nötkreatur har en högre ammoniumkoncentration än fast eller komposterad gödsel. Ammoniäkförlusterna kan vara höga, så tekniker för att

förbättra kväveanvändningen används ofta. I Norge jämfördes spridning under olika säsonger: Fyra försök med nötflytgödsel till flerartsvallar visade att flytgödselspridning på våren under skördeåren ökade den relativa tillväxthastigheten i vallen mer än flytgödselspridning efter den första skörden. Vid den andra skörden påverkades klöverandelen i vallarna negativt av flytgödseltillförseln efter den första skörden. Ammoniumkoncentrationerna i flytgödseln var positivt korrelerade med tillväxthastigheten [78]. Försurning av flytgödsel med svavelsyra är en teknik för att undvika ammoniakavdunstning som också ökar avkastningen. Försurad nötflytgödsel som sprids med slangspridning kan ofta ge liknande eller högre gräs-/klöverskördar än mineralgödsel på sandjordar, ibland med mindre negativ effekt på klöverinnehållet [79, 80]. Myllning av nötflytgödsel minskar ammoniakavgången, men skadar också vallen. Injicering av nötflytgödsel gav lägre avkastning jämfört med mineralgödsel med kväve [81]. Olika utrustning för flytgödselmyllning testades utan flytgödsel. Minst skada orsakades av skivbillar med öppen slits och mest av kombinerade vertikala och horisontella knivar [82]. I en norsk jämförelse fann man liknande avkastning med rötad eller orötad nötflytgödsel när samma mängd kväve i flytgödseln tillfördes. Klöverinnehållet i vallen påverkades negativt av rötad flytgödsel, särskilt när appliceringsmängden var 220 kg N i form av flytgödsel [83].

Ekologiska gårdar utan djur kan ändå dra nytta av vallproduktion genom att sälja fodret. I dessa fall kan gödsling av vallar med kommersiella organiska gödselmedel vara fördelaktigt: En finsk studie visade ökad tillväxt och mineralinnehåll i vallens gräsdel med hjälp av organiska gödselmedel från animaliskt avfall [84]. I de flesta fall förlitar sig dock ekologiska gårdar på lokal gödsling med stallgödsel.

Örter som inte är baljväxter

Det finns få gödslingsstudier som inkluderar örter som inte är baljväxter. Den totala avkastningen ökade efter tillförsel av 200 kg N som nötflytgödsel på grund av ökad grästillsväxt i en flerartsvall, men på grund av lägre förekomst av baljväxter minskade koncentrationen av vissa mineraler i skörden [85]. Kummin (*Carum carvi*) och cikoria (*Cichorium intybus*) ökade dock i förekomst efter flytgödseltillförsel, medan svartkåpor (*Plantago lanceolata*) minskade i samma försök [86]. I ett liknande försök med olika mängder örter i vallarna ledde 200 kg N med nötflytgödsel till ökad avkastning och minskad förekomst av fleråriga baljväxter. En blandning av djupt rotade örter och baljväxter överträffade engelskt rajgräs och vitklöver skördemässigt både med och utan flytgödsel [87].

Övriga näringsämnen

Det finns få studier av andra näringsämnen än NPK i vallar som innehåller baljväxter. Låga koncentrationer av svavel (S) i ekologiska vallar i Norge har påträffats, men experimentell S-gödsling ökade endast avkastningen på en av tre

platser, trots att 60 kg S ökade S-koncentrationerna i grödan på alla tre platser [88]. Zn-gödsling med 3 kg Zn ökade avkastningen av rödklöver men minskade timotejen i en blandvall. Totalskörd och rotröta i klöver påverkades inte. Mn som tillfördes i samma försök hade inga signifikanta effekter [89]. Bor-gödsling i jord med B-brist ökade andelen vitklöver i ekologiska vallar med gräs/klöver, men påverkade inte andra klöver- eller gräsarter eller den totala avkastningen [90].

2.9.4 Slutsatser och kunskapsluckor

Blandvallar med flera arter av gräs och baljväxter och andra örter behöver mindre kvävegödsling än vallar med färre arter. Fröblandningen och gödslingen måste anpassas till den foderkvalitet som är lämplig för det djur som ska äta fodret, klimatet och marken. Klimatförändringarna kommer också att leda till mer extrema vädersituationer, både torka och översvämningar, och att inkludera fler arter kan vara en försäkring mot vädervariationer. Med fluktuerande priser på gödselmedel och jordbruksprodukter är det också svårt att beräkna de ekonomiskt optimala gödslingsnivåerna. Jordbrukaren står således inför en mycket komplex verklighet, och behöver strategier för att minska kostnaderna utan att minska produktionen. Gödsling är nödvändigt för att ersätta näringsämnen som tas bort med sålda produkter från gården. Inom animalieproduktionen är dock stallgödseln den rikligaste källan till näringsämnen och den bör användas på ett optimalt sätt. De flesta studier av gödslingssvar i växter görs av praktiska skäl med mineralgödselmedel. För att uppnå ett mer hållbart jordbruk måste forskningen fokusera på hur man på bästa sätt kan använda stallgödselresursen i kombination med baljväxternas kvävefixerande förmåga. De olika pusselbitarna är ofta klara, men vi måste få dem att passa ihop i en mer holistisk och tvärvetenskaplig forskning, anpassad till lokala förhållanden med hjälp av både modern teknik och kunskap från det förflutna. Varierande kvalitet på foder från vallar med flera arter på grund av variationer över tid i den botaniska sammansättningen är en annan utmaning som kräver lokala lösningar, även med tanke på arternas och sorternas konkurrenskraft. Forskarna kan inte göra allt detta på egen hand, utan behöver hjälp från innovativa lantbrukare. Jag hoppas att vissa jordbrukare kommer att bli inspirerade att experimentera med vallar med fler arter, särskilt baljväxter, och minska N-gödslingen för att främja N-fixeringen i baljväxterna. Om fröblandningen är lämplig för platsen och den avsedda foderkvaliteten, skulle detta gynna både ekonomin och hållbarheten för vallodling.

2.9.5 Referenser

1. Jordbruksverket, Rekommendationer för gödsling och kalkning. 2023, Jordbruksverket: Jönköping.

2. Meurer, K.H.E., et al., Shoot and root production in mixed grass ley under daily fertilization and irrigation: validating the N productivity concept under field conditions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2019. **115**(1): p. 85-99.
3. Kykkanen, S., et al. New nitrogen fertilisation experiments challenge the old yield responses of forage grasses in Finland. in *EGF*. 2018. Fermoy, Irish Republic: Teagasc, Animal & Grassland Research and Innovation Centre.
4. Volden, B., et al., Effects of traffic and fertilization levels on grass yields in northern Norway. *Agricultural and Food Science in Finland*, 2002. **11**(3): p. 219-231.
5. Adamovics, A., et al., The efficiency of nitrogen fertilizer on the dry matter yield of tall fescue and festulolium grown as feedstock for combustion. *Agronomy Research*, 2019. **17**(6): p. 2146-2157.
6. Thers, H. and J. Eriksen, Annual protein yield and extractable protein potentials in three legumes and two grasses. *J Sci Food Agric*, 2022. **102**(9): p. 3742-3751.
7. Frankow-Lindberg, B., Uppdatering av kvävegödslingsrekommendationer för vall, in *Rapport 2017*, Institutionen för växtproduktionsekologi. p. 25.
8. Nordheim-Viken, H. and H. Volden, Effect of maturity stage, nitrogen fertilization and seasonal variation on ruminal degradation characteristics of neutral detergent fibre in timothy (*Phleum pratense* L.). *Animal Feed Science and Technology*, 2009. **149**(1-2): p. 30-59.
9. Gutmane, I. and A. Adamovich. Productivity and yield quality of *Festulolium* and *Lolium * boucheanum* varieties. in *EGF*. 2004. Zurich, Switzerland: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich.
10. Gutmane, I. and A. Adamovics. Crude protein yield and quality of *festulolium* (* *Festulolium* Asch. & Graebn.) and hybrid ryegrass (*Lolium * boucheanum* Kunth.). in *EGF*. 2011. Irdning, Austria: Agricultural Research and Education Center (AREC) Raumberg-Gumpenstein.
11. Arvidsson, K., K. Martinsson, and A.M. Gustavsson, Fatty acid concentrations in timothy (*Phleum pratense* L.) and meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.): Effects of seasonal variations at different nitrogen fertilization levels. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 2013. **63**(4): p. 314-321.
12. Termonen, M., et al., Effects of nitrogen application rate on productivity, nutritive value and winter tolerance of timothy and meadow fescue cultivars. *Grass and Forage Science*, 2020. **75**(1): p. 111-126.
13. Conaghan, P., et al., Yield and Quality Response of Perennial Ryegrass Selected for High Concentration of Water-Soluble Carbohydrate to Nitrogen Application Rate. *Crop Science*, 2012. **52**(6): p. 2839-2851.
14. Gutmane, I. and A. Adamovics, Influence of nitrogen fertilization rates on *Festulolium* and *Lolium * boucheanum* forage and seed yield and quality. *Agraarteadus*, 2011. **22**(2): p. 13-20.
15. Bumane, S., The influence of NPK fertilization on *Lolium perenne* L. forage quality. *Agronomy Research*, 2010. **8**: p. 531-536.

16. Frankow-Lindberg, B., Kväveintensitet i långliggande vall med rörsvingelhybrid. 2010. p. 88-100.
17. Larsen, S.U., U. Jørgensen, and P.E. Lærke, Biomass yield and N uptake in tall fescue and reed canary grass depending on N and PK fertilization on two marginal sites in Denmark, in *Perennial Biomass Crops for a Resource-Constrained World*, S. Barth, Editor. 2016, Springer International Publishing Switzerland. p. 233-242.
18. Høgh-Jensen, H. and J.K. Schjorring. Shoot nutrient indices as indicators of nitrogen, phosphorus and potassium deficiencies in grassland. in *Regional IPI Workshop*. 2000. Akademija, Lithuania: Lithuanian Institute of Agriculture.
19. Berzins, P., S. Raneane, and A. Svarta. The productive longevity of perennial grasses swards depending on the npk fertilizer rates. in *Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference*. 2011. Rezekne, Latvia: Rezekne Higher Educ Inst-Rezeknes Augstskola.
20. Aavola, R. and M. Kärner, Nitrogen uptake at various fertilization levels and cutting frequencies of *Lolium* species. *Agronomy Research*, 2008. **6**(1): p. 5-14.
21. Belanger, G., et al., Shoot growth and phosphorus-nitrogen relationship of grassland swards in response to mineral phosphorus fertilization. *Field Crops Research*, 2017. **204**: p. 31-41.
22. Nesheim, L. and G. Fystro. Effects of fertiliser phosphorus on soils initially low in phosphorus. in *EGF*. 2006. Madrid, Spain: Sociedad Espanola para el Estudio de los Pastos (SEEP).
23. Kykkanen, S., et al. Forage grasses effectively use soil P-pools in low-PAAC soils in Finland. in *EGF*. 2018. Fermoy, Irish Republic: Teagasc, Animal & Grassland Research and Innovation Centre.
24. Saarela, I., Y. Salo, and M. Vuorinen, Effects of repeated phosphorus fertilisation on field crops in Finland I. Yield responses on clay and loam soils in relation to soil test P values. *Agricultural and Food Science*, 2006. **15**(2): p. 106-123.
25. Knuutila, K., et al. Differences in root morphological features and shoot P accumulation at different soil P levels. in *EGF*. 2020. Helsinki, Finland: Organising Committee of the 28th General Meeting of the European Grassland Federation & Natural Resources Institute Finland (Luke).
26. Knuutila, K., et al. The root growth of forage grasses at different soil P levels. in *EGF*. 2019. Zürich, Switzerland: University of Helsinki.
27. Hushållningssällskapet Västra, Så här tolkar du din grovfoderanalys. 2023 2023-10-17; Available from: <https://laboratorium.hushallningssallskapet.se/sa-har-tolkar-du-din-grovfoderanalys/>.
28. Lunnan, T., A.F. Øgaard, and T. Krogstad, Potassium fertilization of timothy-based cut grassland-Effects on herbage yield, mineral composition and critical K concentration on soils with different K status. *Grass and Forage Science*, 2018. **73**(2): p. 500-509.
29. Kykkanen, S., et al. The effect of potassium on dry matter production and nutritive value of grass on three different soil types. in *EGF*. 2015. Wageningen, Netherlands: Wageningen Academic Publishers.

30. Bakken, A.K., et al., Crushed rocks and mine tailings applied as K fertilizers on grassland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2000. **56**(1): p. 53-57.
31. Rancane, S., et al. The effect of fermentation residue and wood ash fertilisers on the productivity of grasses. in *EGF*. 2017. Sassari, Italy: Cnr-Ispaam.
32. Hansen, E.M., I.K. Thomsen, and M.N. Hansen, Optimizing farmyard manure utilization by varying the application time and tillage strategy. *Soil Use and Management*, 2004. **20**(2): p. 173-177.
33. Persson, T., et al., Impacts of organic soil amendments on forage grass production under different soil conditions. *Agricultural and Food Science*, 2020. **29**(5): p. 482-493.
34. Tontti, T., A. Nykanen, and M. Kuisma, Waste composts as nitrogen fertilizers for forage leys. *Agricultural and Food Science*, 2009. **18**(1): p. 57-75.
35. Jarvenranta, K., et al. Nitrogen concentrate from slurry digestate reaches mineral nitrogen efficiency as fertiliser for grass. in *EGF*. 2020. Helsinki, Finland: Natural Resources Institute Finland (Luke).
36. Tilvikienė, V., A. Slepetienė, and Z. Kadziulienė, Effects of 5 years of digestate application on biomass production and quality of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). *Grass and Forage Science*, 2018. **73**(1): p. 206-217.
37. Tampere, M. and R. Viiralt, The Efficiency of Biogas Digestate on Grassland Compared to Mineral Fertilizer and Cattle Slurry. *Research for Rural Development* 2014. **1**: p. 89-94.
38. Nesheim, L. Slurry seeding in grassland in Norway. in *EGF*. 2010. Duderstadt, Germany: Mecke Druck und Verlag.
39. Nesheim, L., et al., Effect of chloride fertilisation on dietary cation-anion difference forage species. 2015, Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research, Kvithamar, 7012 Stjørdal, Norway. Wageningen, Netherlands: Wageningen Academic Publishers. 274-276.
40. Nesheim, L., et al., Controlling dietary cation-anion differences in forages by chloride fertilisation. *Agricultural and Food Science*, 2020. **29**(1): p. 18-28.
41. Aavola, R., et al. Magnesium and sulfur fertilisation - effects on foliar disease infection in perennial ryegrass. in *EGF*. 2018. Fermoy, Irish Republic: Teagasc, Animal & Grassland Research and Innovation Centre.
42. Adamovics, A., I. Gutmane, and M. Katamadze. The influence of nitrogen fertilisation on the productivity of multi-species swards in three production years. in *EGF*. 2019. Zurich, Switzerland: European Grassland Federation
43. Adamovics, A. and I. Gutmane. Productivity and quality of multicomponent grass swards on three soil types. in *EGF*. 2016. Ås, Norway: Nibio.
44. Gutmane, I., A. Adamovics, and I. Gulbe. The productivity of multi-species swards using three nitrogen fertilisation rates. in *EGF*. 2018. Fermoy, Irish Republic: Teagasc, Animal & Grassland Research and Innovation Centre.
45. Adamovics, A. and I. Gutmane. Productivity and persistency of multicomponent swards with different legume contents, using two nitrogen fertilisation rates. in *EGF*. 2020. Helsinki, Finland: Natural Resources Institute Finland (Luke).

46. Rivedal, S., et al. The impact of contrasting management conditions on clover performance. 2013. Borgarnes, Iceland: Agricultural University of Iceland.
47. Kadziuliene, Z. and L. Kadziulis, Nitrogen accumulation and efficiency in herbage depending on legume species in grassland sward. *Biologija*, 2007. **53**(1): p. 54-59.
48. Høgh-Jensen, H. and J.K. Schjoerring, Rhizodeposition of nitrogen by red clover, white clover and ryegrass leys. *Soil Biology & Biochemistry*, 2001. **33**(4-5): p. 439-448.
49. Helgadóttir, A., et al., Grass-legume mixtures sustain strong yield advantage over monocultures under cool maritime growing conditions over a period of 5 years. *Ann Bot*, 2018. **122**(2): p. 337-348.
50. Meripöld, H., et al., Fodder galega (*Galega orientalis* Lam) grass potential as a forage and bioenergy crop. *Agronomy Research*, 2017. **15**(4): p. 1693-1699.
51. Eriksen, J., et al. Nitrogen fertilization of grass-clover leys. in *EGF*. 2019. Zurich, Switzerland: European Grassland Federation.
52. Frankow-Lindberg, B.E. and L. af Geijerstam. Nitrogen application strategies to mixed grass-legume leys. in *EGF*. 2014. Aberystwyth, UK: IBERS, Aberystwyth University.
53. Lunnan, T. How does resowing of natural meadows affect yield, forage quality and botanical composition? in *EGF*. 2004. Zurich, Switzerland: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich.
54. Gustavsson, A.M., Kväve och klöver påverkar vallens avkastning och råproteinhalt. Svenska Vallföreningen. *I, 1-3*. Svenska Vallbrev, 2023(1): p. 1-3.
55. Adamovich, A., et al. Forage quality dynamics and productivity of fodder galega-grass swards. in *EGF*. 2007. Merlbeke, Belgium: Belgian Society for Grassland and Forage Crops.
56. Adamovich, A. and O. Adamovicha. Productivity and forage quality of Festulolium/legume mixed swards in response to cutting frequency. in *EGF*. 2003. Pleven, Bulgaria: Bulgarian Association for Grassland and Forage Production (BAGFP).
57. Meripöld, H., et al. The effect of different fodder galega-grass mixtures and nitrogen fertilization on forage yield and chemical composition. in *EGF*. 2014. Aberystwyth, UK: IBERS, Aberystwyth University.
58. Agafonova, L., Impact of fertilizer rates on the yield and quality of alfalfa on a sod podzolic loami sand. *Agronomijas Vestis*, 2008(11): p. 191-195.
59. Adamovics, A. and I. Gutmane. The influence of nitrogen fertiliser and legume content on the quality of multi-species swards. in *EGF*. 2018. Fermoy, Irish Republic: Teagasc, Animal & Grassland Research and Innovation Centre.
60. Søegaard, K. Effect of N-fertilization on growth and quality of intensively managed, cut and grazed grass/clover. in *EGF*. 2003. Pleven, Bulgaria: Bulgarian Association for Grassland and Forage Production (BAGFP).
61. Søegaard, K., Nitrogen fertilization of grass/clover swards under cutting or grazing by dairy cows. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 2009. **59**(2): p. 139-150.

62. Carlgren, K., Is it possible by use of heavy fertilization to boost the small yields normally obtained from arable land with unfavourable natural qualities to the yield levels of favourable land? *Archives of Agronomy and Soil Science*, 2001. **46**(3-4): p. 289-295.
63. Nekrosiene, R., G. Tulabiene, and R. Repsiene. Changes of perennial grasses agrocenosis depending on the soil reaction and nutrients. in *EGF*. 2006. Madrid, Spain: Sociedad Espanola para el Estudio de los Pastos (SEEP).
64. Loide, V., The results of an NPK-fertilisation trial of long-term crop rotation on carbonate-rich soil in Estonia. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 2019. **69**(7): p. 596-605.
65. Øgaard, A.F., T. Krogstad, and T. Lunnan, Ability of some Norwegian soils to supply grass with potassium (K) - soil analyses as predictors of K supply from soil. *Soil Use and Management*, 2002. **18**(4): p. 412-420.
66. Øgaard, A.F. and S. Hansen, Potassium uptake and requirement in organic grassland farming. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2010. **87**(1): p. 137-149.
67. Andrist-Rangel, Y., et al., Long-term K dynamics in organic and conventional mixed cropping systems as related to management and soil properties. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2007. **122**(4): p. 413-426.
68. Arstein, A., et al. Requirement of potassium in organic meadow cultivation. in *EGF*. 2004. Zurich, Switzerland: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich.
69. Andersson, S., et al., Response of soil exchangeable and crop potassium concentrations to variable fertilizer and cropping regimes in long-term field experiments on different soil types. *Soil Use and Management*, 2007. **23**(1): p. 10-19.
70. Masauskas, V. and A. Masauskiene, The impact of every four years PK fertilizer application on the crop rotation productivity and economy. *Zemdirbyste, Mokslo Darbai*, 2006. **93**(4): p. 190-198.
71. Haraldsen, T.K., et al., Nutrient balances and yields during conversion from conventional to organic cropping systems on silt loam and clay soils in Norway. *Biological Agriculture & Horticulture*, 2000. **17**(3): p. 229-246.
72. Eriksen, J., M. Askegaard, and K. Søegaard. Productivity and N-leaching in organic dairy grass-arable crop rotations. in *EGF*. 2008. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences.
73. Repsiene, R., D. Ozeraitiene, and R. Skuodiene. The effects of long-term manure application on DM yield of perennial grasses and soil chemical properties. in *EGF*. 2005. Tartu, ESTONIA: Estonian Grassland Soc-Egs.
74. Hakala, K., et al., Yields and greenhouse gas emissions of cultivation of red clover-grass leys as assessed by LCA when fertilised with organic or mineral fertilisers. *Biomass & Bioenergy*, 2012. **46**: p. 111-124.
75. Li, H.H., et al., Advantages of grass-legume mixture for improvement of crop growth and reducing potential nitrogen loss in a boreal climate. *Agricultural and Food Science*, 2019. **28**(4): p. 176-189.

76. Eriksen, J., M. Askegaard, and K. Sørensen, Complementary effects of red clover inclusion in ryegrass-white clover swards for grazing and cutting. *Grass and Forage Science*, 2012. **69**(2): p. 241-250.
77. Baksiene, E. and R. Asakaviciute, The Effects of Organic Lake Sediments on the Crop Rotation Yield and Soil Characteristics in Southeast Lithuania. *Applied Ecology and Environmental Research*, 2013. **11**(4): p. 557-567.
78. Steinshamn, H., Effects of cattle slurry on the growth potential and clover proportion of organically managed grass-clover leys. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 2001. **51**(3): p. 113-124.
79. Kristensen, R.K., et al., Contrasting effects of slurry and mineral fertilizer on N₂-fixation in grass-clover mixtures. *European Journal of Agronomy*, 2022. **133**: p. 10.
80. Kristensen, R.K., J. Rasmussen, and J. Eriksen, Biological N₂ -fixation in grass-clover ley in response to N application in cattle slurry vs. mineral fertilizer. *Plant and Soil*, 2022. **471**(1-2): p. 629-641.
81. Tampere, M., et al. Influence of undigested and digested cattle slurry on grassland yield compared to mineral fertilizer. in *EGF*. 2015. Wageningen, Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
82. Rodhe, L. and M.A. Halling, Grassland yield response to knife/tine slurry injection equipment - benefit or crop damage? *Grass and Forage Science*, 2015. **70**(2): p. 255-267.
83. Johansen, A., et al. Anaerobic digestion of animal manure - implications for crop yields and soil biota in organic farming. in *NJF*. 2015. UPPSALA: Nordic Assoc Agricultural Scientists-Njf.
84. Nurmi, E., P. Kurki, and J. Kivela. Fertilisation effect of recycled nutrients on organic feed barley and grass-clover mixture. in *EGF*. 2020. Helsinki, Finland: Natural Resources Institute Finland (Luke).
85. Pirhofer-Walzl, K., et al., Forage herbs improve mineral composition of grassland herbage. *Grass and Forage Science*, 2011. **66**(3): p. 415-423.
86. Sørensen, K., J. Eriksen, and M. Askegaard. Herbs in high producing organic grasslands - effect of management. in *Proceedings of the Third Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISO FAR)*. 2011. Namyangju, Korea Republic.
87. Eriksen, J., T. Mortensen, and K. Sørensen. Root biomass and carbon storage in differently managed multispecies temporary grasslands. 2012. Lublin, Poland: Polish Grassland Soc-Polskie Towarzystwo Laskarskie.
88. Bakken, A.K. and S. Hansen. Red clover yields and nitrogen content as related to sulphur supply. in *EGF*. 2004. Zurich, Switzerland: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich.
89. Stoltz, E. and A.C. Wallenhammar. Effects of Mn and Zn on root rot and biomass production in red clover (*Trifolium pratense* L.). in *EGF*. 2018. Fermoy, Irish Republic: Teagasc, Animal & Grassland Research and Innovation Centre.

90. Linse, L., et al., Boron fertilisation of organically managed grass-clover swards on coarse-textured soils: effects on botanical and element composition. *Agricultural and Food Science*, 2015. **24**(4): p. 261-272.

2.10 Skördestrategi

Brooke Micke, Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU

2.10.1 Inledning

En bra skördestrategi är en av hörnstenarna för att få den kvalitet och kvantitet som man vill ha från en vall. En tidig skörd ger ofta en högre kvalitet med högre råproteinkoncentration, lägre fiberinnehåll och högre smältbarhet. Med åren har det blivit allt vanligare att ta tre eller fler skördar under en säsong även i norra Sverige. Flera studier har gjorts i ämnet för att försöka uppskatta det optimala antalet skördar beroende på art och önskad näringssammansättning. Växternas mognadsstadium vid skörden och tidpunkten för skördarna har också viktiga konsekvenser för kvaliteten och produktiviteten hos det skördade fodret.

2.10.2 Skördefrekvens

Det optimala antalet skördar varierar beroende på vilken art som odlas och i vilken region odlingen sker. Valet av skördefrekvens har stor betydelse för avkastningen och näringsvärdet hos det skördade fodret. I Estland var frekvent skörd (4–6 skördar per säsong) effektivt för att erhålla hög råproteinavkastning från rajgräsvallar (*Lolium perenne*) under höga gödslingsnivåer (500 kg N ha^{-1}) [1]. Dessutom bör engelskt rajgräs och italienskt rajgräs (*Lolium multiflorum*) under höga skördefrekvenser i Estland skördas vid tidig axgång för att uppnå ett högt näringsvärde [2, 3]. I Danmark visade vallar med rörsvingel (*Festuca arundinacea*) och festulolium ($\times$ *Festulolium*) under en tvåskördesstrategi med en försenad första skörd överlägsen biomassaskörd jämfört med både tidiga och traditionella tvåskördesystem och krävde lägre insatser än ett treskördesystem [4]. Skördefrekvensens inverkan på näringsutnyttjandet i vallar med timotej (*Phleum pratense*) och ängssvingel (*Festuca pratensis*) utvärderades i fältförsök i Finland [5]. Resultaten tyder på att skördefrekvensen endast har en mindre inverkan på effektiviteten i näringsanvändningen, eftersom merparten av näringsupptaget sker långt före typiska skördefönster.

Att välja rätt skördefrekvens för rena baljväxtbestånd kan bidra till att säkerställa stabila skördar och högt näringsvärde. Rena bestånd av lusern (*Medicago sativa*) som odlas i Lettland gav den högsta biomassaskörden när de skördades i ett system med tre skördar, där skördetidpunkten valdes utifrån fenologin (1:a skörd vid knoppstadiet och 2:a/3:e skörd vid tidig till full blomning) [6]. Högre näringsvärde uppnåddes dock med två- eller treskördssystem med ett fast skördeschema, där skördedatumet var förutbestämt oberoende av fenologin. Skördefrekvensen har också visat sig ha betydelse för ogräshanteringen i rena lusernbestånd som odlas i Estland [7]. Genom att minska skördefrekvensen till två-tre gånger per säsong och

senarelägga den sista klippningen från slutet av september till början av oktober uppnåddes en förbättrad ogräsbekämpning.

Den optimala skördefrekvensen för blandningar av fodergräs och baljväxter kan variera kraftigt mellan olika odlingsregioner. För blandningar av festulolium och en enda foderbaljväxt (rödklöver (*Trifolium pratense*), hybridluzern (*Medicago × varia*), fodergetruta (*Galega orientalis*) eller vitklöver (*Trifolium repens*)) som skördades i Lettland två eller fyra gånger per säsong var biomassaskörden högst i tvåskördesystem för alla artblandningar [8]. Näringsvärdet (råprotein, neutral detergent fiber och smältbarhet) var dock överlägset i blandningar som skördades fyra gånger. Vallar med gräs och blandvallar med gräs och vitklöver i två- eller fyrskördesystem i Lettland hade högre avkastning vid tvåskördesystem och högre näringsvärde vid fyrskördesystem [9]. Liknande resultat observerades i en metaanalys av norska blandvallar med gräs och baljväxter som utsattes för två- eller treskördesystem, med högre avkastning i tvåskördesystem och högre näringsvärde i treskördesystem [10]. Frekvent skörd hade också en negativ inverkan på produktiviteten i blandade bestånd av gräs och fodergetruta. Lettiska fältförsök som pågick i 20 år visade högre biomassa- och RP-avkastning i system med två eller tre skördar jämfört med ett intensivt system med fyra klippningar [11-13]. Trenden med högre avkastning med färre skördar visades också under mer intensiva skördefrekvenser i Danmark, där blandade vallar med gräs och klöver hade högre biomassaskörd i system med fyra klippningar, men högre näringsvärde i system med fem klippningar [14].

Rena och blandade bestånd av engelskt rajgräs, rörsvingel, rödklöver och vitklöver skördades tre eller fem gånger i Norge för att bestämma effekten av arternas samverkan på avkastning och näringsvärde under varierande skördefrekvenser [15, 16]. Även om rena gräsbestånd gav högre avkastning i ett system med tre skördar, observerades mindre skillnader i avkastning mellan skördefrekvenserna i de rena baljväxtbestånden och blandningarna av gräs och baljväxter, vilket tyder på en positiv inverkan av artdiversitet på avkastningsstabiliteten vid olika skördefrekvenser. Artrikedomen hade också en positiv inverkan på näringsvärdet och minskade variabiliteten inom år under båda skördefrekvenserna. Blandvallar kan också innehålla en tredje funktionell grupp, örter, för att öka artrikedomen. I Danmark ingick olika arter av örtväxter i blandvallar tillsammans med vitklöver och engelskt rajgräs för att utvärdera artrikedomens inverkan på biomassaskörden vid skörd med fyr- och sexskördesystem [17]. Biomassaskörden ökade med ökande artdiversitet i ett system med fyra skördar, medan ingen inverkan av artdiversitet observerades i ett system med sex skördar. Skördefrekvensen kan också ha betydelse för vallarnas miljömässiga hållbarhet. I en dansk studie av kolinlagringen i tre fodergräs (rörsvingel, festulolium och rörflen (*Phalaris arundinacea*)) drogs slutsatsen att tvåskördesystem ger det högsta bidraget till markens organiska kollager [18].

2.10.3 Mognadsstadiet vid skörd

Näringsvärdet och produktiviteten hos fodergräs är starkt relaterade till gräsets mognadsgrad vid skörd. Återväxthastigheten för timotej och ängssvingel studerades i hela Norge och resultaten visade att de högsta återväxthastigheterna erhöles när gräsen befann sig i ett tidigt vegetativt stadium [19]. Återväxthastigheten minskade med 50 % när växterna mognade till stråskjutning. I en litauisk studie av mognadsstadiets inverkan på näringsvärdet och utbytet av smältbart protein hos timotej, rörflen och foderlöst (*Bromus inermis*) rapporterades de högsta råproteinvärdena och de lägsta värdena av neutral detergent fiber (NDF) för plantor som skördats i ett vegetativt stadium [20]. Dessutom erhöles de högsta utbytena av smältbart protein vid olika mognadsstadier för varje art, vilket inträffade i det vegetativa stadiet för timotej, i början av axgången för foderlöst och i slutet av axgången för rörflen. Olika sorter av timotej utvärderades med avseende på skördemognadens inverkan på olika parametrar för näringsvärde i olika växtdelar i Litauen [21]. Variationen mellan sorterna gällde främst koncentrationerna av vattenlösliga kolhydrater, medan variationen mellan växtdelarna var störst för koncentrationen av NDF och smältbarheten av torrsubstansen i stjälkarna, vilket tyder på att förädlingsarbetet bör inriktas på att få fram bladrika sorter med hög stjälkvalitet. Skörd av timotej i ett tidigt vegetativt stadium i nordsvenska vallar visade sig ge ett foder med ett optimalt näringsvärde (høgt CP, lågt NDF och høg nedbrytbarhet av organiskt material och NDF) för växande lamm [22, 23]. Det høga näringsvärdet som uppnås i tidiga stadier av timotej främjade høgt frivilligt intag och økning av levandevikt. Aminosyrainnehållet i vallfoder är av stor betydelse för utformningen av foder till idisslare. I ett svenskt fältförsök fastställdes att mognadsstadiet påverkar aminosyraprofilen hos timotej och ängssvingel, med de høgsta aminokoncentrationerna som uppnåddes när växterna var i stråskjutningsstadiet [24].

I likhet med gräs påverkar mognadsgraden hos foderbaljväxter deras näringsvärde och produktivitet. En svensk studie av fytoøstrogenkoncentrationen i rödkløver vid olika mognadsstadier visade att fytoøstrogeninnehållet förändras när rödkløver mognar, med de høgsta koncentrationerna uppnådda vid tidiga utvecklingsstadier [25]. Eftersom foderbaljväxter i allmänhet odlas i blandvallar med gräs i Norden, är det viktigt att förstå hur mognaden hos båda de funktionella grupperna påverkar vallens näringsvärde och produktivitet. I Finland minskade näringsvärdet i blandvallar med timotej och rödkløver i takt med att växterna mognade [26]. Detta var särskilt tydligt för timotej, vilket visar hur viktigt det är att anpassa skördedatumet efter mognadsstadiet hos de dominerande arterna i vallen. I en dansk studie undersøktes mognadsstadiets inverkan på komplexa artblandningar av olika gräs- och baljväxtarter [27]. I studien rapporterades minskad smältbarhet och økad fiberkoncentration med økad mognad, där fibern økade snabbare i baljväxter. Mognadsstadiet vid första skörden för blandade bestånd av ängssvingel,

rödklöver och timotej utvärderades på platser i hela Norge [28]. Näringsvärdet för rödklöver och timotej minskade mer drastiskt med stigande plantålder jämfört med ängssvingel. I en norsk studie jämfördes den fenologiska utvecklingen hos tidigt- och senblommande rödklöversorter och den efterföljande påverkan på skördens foderkvalitet [29]. Ingen signifikant skillnad i fenologisk utveckling observerades mellan sorterna, även om den tidigt blommande sorten hade sämre näringsvärde i alla skördar.

2.10.4 Tidpunkt för skörd

Att välja den optimala skördetidpunkten för fodergräs är avgörande för att få ett foder som ligger inom de önskade parametrarna för avkastning och näringsvärde. Förändringar i skördefönstret för timotej utvärderades i Estland och visade att en tre dagars försening av den första skörden ökade biomassaskörden, medan en sex dagars försening av den andra skörden minskade skörden (sannolikt påverkad av en period av torka mellan den normala och den försenade andra skörden) [30]. Dessutom minskade skördeförseningarna smältbarheten hos timotej, även om foder från försenade skördar låg inom de satta gränserna för smältbarhet. I en norsk studie utvärderades effekterna av tidig och försenad skörd på återväxten och överlevnaden hos timotejplantor och man fann att tidig skörd hade en negativ inverkan på överlevnaden hos plantorna, medan sen skörd förbättrade återväxten [31]. På grund av de längre växtsäsongerna i norra Europa till följd av stigande temperaturer utvärderades införandet av en extra slutskörd av timotejvallar i hela Norge [32]. Resultaten visade att denna extra sena skörd gav låg avkastning och hade en negativ inverkan på gräsbeståndets produktivitet under det efterföljande året. Den optimala tidpunkten för första skörd utvärderades för ett bestånd av timotej i Finland, och resultaten tyder på att timotej bör skördas ungefär fem dagar efter axgång för att säkerställa ett lämpligt näringsvärde [33].

När flera gräsarter ingår bör skördetidpunkten ta hänsyn till den optimala tidpunkten för båda arterna. Blandade bestånd av timotej och ängssvingel utsattes för en försenad andra skörd i Finland för att fastställa skördetidpunktens inverkan på näringsvärdet [34]. Att senarelägga andraskörden hade en negativ inverkan på näringsvärdet hos timotej, medan ängssvingel förblev relativt opåverkad. I två finska studier undersöktes hur en senareläggning av den andra och/eller tredje skörden i ett treskördesystem påverkade skörden och näringsvärdet i blandningar av timotej och ängssvingel, och man fann att en senareläggning av den andra skörden ökade mängden biomassa och minskade smältbarheten, medan en senareläggning av den tredje skörden hade liten inverkan på beståndets egenskaper [35, 36].

Effekten av tidig eller försenad skörd på engelskt rajgräs utvärderades också i två studier. En försenad första skörd ökade biomassan i norra och södra Sverige, medan en tidig första skörd förbättrade skörden under det efterföljande året i norra

Sverige och minskade den i södra Sverige [37]. I Danmark resulterade en senarelagd skörd av engelskt rajgräs i högre avkastning, men ett lägre näringsvärde [38].

Dött växtmaterial i skördat foder kan bli ett problem vid senare skördar om det utgör en betydande andel av biomassan, eftersom det kan minska gräsbeståndets näringsvärde. I två studier i Finland utvärderades mängden dött material i blandbestånd av timotej, ängssvingel och rörsvingel [39, 40]. I båda studierna var andelen dött material så hög som 25% av torrsubstansskörden, och de högsta andelarna förekom med ett längre intervall mellan skördarna.

Näringsvärdet och produktiviteten i rena baljväxtbestånd är också känsliga för skördetidpunkten. Rena bestånd av lusern utvärderades i Finland för att fastställa optimal skördetidpunkt för återväxt [41]. Resultaten tyder på att skörden bör ske 5–6 veckor efter den föregående skörden, men tidpunkten kan variera beroende på sort. Skördetidpunkten kan också påverka uthålligheten i bestånden av foderbaljväxter. I finska fältförsök var uthålligheten hos rena bestånd av lusern och deras avkastning under det påföljande året bäst när den sista skörden senarelades till slutet av september [42].

Precis som med de andra skördestrategierna som behandlas i denna rapport bör skördetidpunkten för gräs- och baljväxtblandningar ta hänsyn till båda de funktionella grupperna. Blandningar av olika gräs och baljväxter utsattes för varierande tidpunkter för vårskörden i ett femskördssystem i Danmark [43]. Att senarelägga vårskörden påverkade fodrets näringsvärde negativt, särskilt i blandningar som innehöll rödklöver. I en dansk studie utvärderades inverkan av tidpunkten för vårskörden på blandvallar som innehöll olika gräs-, baljväxt- och örtarter [44]. Skördetidpunktens inverkan på avkastningen i form av biomassa var liten, men försenad skörd hade en negativ inverkan på fodrets näringsvärde. En studie som jämförde effekten av tidig skörd, optimal skörd eller fördröjd skörd (tidig och fördröjd skörd var 1 vecka från optimal skörd) på näringsvärdet i gräs- och baljväxtblandningar i Danmark visade att smältbarheten minskade under de två veckorna, medan fiberkoncentrationerna ökade [45]. Dessutom ökade fiberkoncentrationerna i baljväxterna snabbare under skördeperioden än i gräsen. Förändringen i nedbrytbarheten hos rödklöver och timotej under olika skördedatum studerades i norra Sverige, där skördarna skedde med två veckors intervall från det första skördedatumet [46]. Resultaten visade på en större minskning av nedbrytbarheten hos timotej under vårens tillväxt, medan nedbrytningshastigheten var likartad mellan rödklöver och timotej under sommarens tillväxt. I en svensk studie undersöktes möjligheten att bredda skördefönstret för vallar med gräs och klöver genom att jämföra näringsvärdet och avkastningen hos sena arter och sortblandningar med ett senare skördedatum med tidiga arter och sortblandningar med ett tidigt skördedatum [47]. Ett bredare skördefönster var möjligt beroende på

vilka blandningar som användes, eftersom resultaten inte visade någon skillnad i näringsvärde eller avkastning mellan de två strategierna.

Antioxidanter spelar en viktig roll i idisslares näringsförsörjning, vilket gör det viktigt att förstå hur deras koncentration i foder förändras vid olika skördetidpunkter. I en svensk studie utvärderades skördedatumets inverkan på antioxidantkoncentrationerna i blandade bestånd av rödklöver, vitklöver (*Lotus corniculatus*), timotej och ängssvingel [48]. I vissa fall korrelerade ett senare skördedatum med lägre koncentrationer av antioxidanter, även om samspelet mellan skördedatum och andra faktorer som mognad och förhållandet mellan blad och stam sannolikt påverkar antioxidanterna i fodret.

Skördetidpunkten kan också påverka koncentrationen av mängden protein som kan utvinnas i vallfoder, vilket gör den till en viktig faktor för bioraffinaderier av vallfoder. I en studie av tidpunkten för första skörd av rödklöver, vitklöver, engelskt rajgräs och rörsvingel i Danmark drogs slutsatsen att den optimala tidpunkten för första skörd var i slutet av maj för vitklöver, i början av juni för rödklöver och i mitten av juni för båda gräsen [49]. I en studie av samma författare undersöktes mängden protein som kunde utvinnas hos de fyra arterna i föregående artikel, samt hos lusern [50]. Resultaten visade att tidiga första skördar gav baljväxter med högst extraherbart protein, medan extraherbart protein från gräs ökade vid senare skördedatum. Valet av skördetidpunkt blir mer komplext med ökande artdiversitet.

2.10.5 Stubbhöjd

Stubbhöjden kan också påverka produktiviteten i en vall under säsongen och under de följande åren. Resultat från en finsk studie visade att timotej och ängssvingel var mest produktiva när stubbhöjden ökades till 9 cm jämfört med behandlingar med 3 och 6 cm klipphöjd [51].

2.10.6 Slutsatser och kunskapsluckor

Skördestrategier är komplexa och kräver att lantbrukarna tar hänsyn till många aspekter av hur skötseln påverkar avkastningen och kvaliteten på vallarna. Studierna i denna rapport visar hur odlingsregionen och de arter som sås har stor betydelse för valet av optimala skördestrategier. Det är därför viktigt att forskare och rådgivare samarbetar med lantbrukare för att fastställa skördestrategier som är anpassade till regional vallproduktion. Skördefrekvens och skördetidpunkt samt växternas mognad vid skörden påverkar vallens avkastning och näringsvärde, vilket gör det viktigt för lantbrukarna att förstå hur de kan utnyttja skörden för att uppnå sina foder mål. I Norden och Baltikum har man lagt ner ett betydande arbete på att förstå konsekvenserna av skördestrategier, men det förändrade klimatet kommer att kräva att forskare och lantbrukare utvärderar hur man kan anpassa skördestrategierna till regionens framtida klimatförhållanden.

2.10.7 Referenser

1. Aavola, R., et al., Avkastningspotentialen hos estniska sorter av engelskt rajgräs (*Lolium perenne* L.) vid olika mineralgödslingsnivåer och klippfrekvenser. Vol. 10. 2005, Aavola, R (motsvarande författare), Jogeva Plant Breeding Inst, EE-48309 Jogeva, Estland. Tartu, ESTLAND: Estonian Grassland Soc-Egs. 449-453.
2. Aavola, R. och M. Karner, Kväveupptag vid olika gödslingsnivåer och klippfrekvenser hos *Lolium*-arter. *Agronomy Research*, 2008. **6**(1): p. 5-14.
3. Aavola, R., D. Rosellini och F. Veronesi, Forage quality improvement of Italian and perennial ryegrass through enhanced mineral fertilization and cutting frequencies. 2007, Jogeva Plant Breeding Institute, 48309, Jogeva, Estland. Wageningen, Nederländerna: Europeiska sammanslutningen för forskning om växtförädling (EUCARPIA). 185-189.
4. Kandel, T.P., L. Elsgaard och P.E. Lærke, Influence of harvest managements of festulolium and tall fescue on biomass nutrient concentrations and export from a nutrient-rich peatland. *Ekologisk teknik*, 2017. **109**: p. 1-9.
5. Pakarinen, K., et al., Nutrient use efficiency in different harvesting strategies of silage swards based on timothy and two fescue species. 2012, MTT Agrifood Research Finland, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, Finland. Helsingfors, Finland: MTT Agrifood Research Finland. 130-131.
6. Gaile, Z., et al, Skördehanteringens effekter på produktivitet och foderkvalitet hos tio lusernsorter. 2004, Forsknings- och studiegården 'Vecauce' vid Lettlands lantbruksuniversitet, Auce, LV-3708, Lettland. Zürich, Schweiz: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich. 924-926.
7. Lillak, R., et al., Invasion av bredbladiga ogräs i lucernbestånd under tiden för användning av lucernbestånd i jordbrukssystem med låg insats. *Agronomy Research*, 2005. **3**(1): p. 65-72.
8. Adamovich, A., et al., Produktivitet och foderkvalitet hos blandade Festulolium/baljväxter som svar på klippfrekvens. 2003, Lettlands lantbruksuniversitet, 2 Liela iela, LV 3001, Jelgava, Lettland. Pleven, Bulgarien: Bulgarian Association for Grassland and Forage Production (BAGFP). 453-456.
9. Adamovics, A., et al., Produktivitet och avkastningskvalitet hos blandade vitklöver-gräsvallar beroende på klippfrekvens. 2014, Latvia Univ Agr, Liela iela 2, LV-3001 Jelgava, Lettland. Albena, BULGARIEN: Stef92 Technology Ltd. 417-424.
10. Steinshamn, H., et al., Avkastning och vallkvalitet från ekologiska vallar med gräs och klöver - en metaanalys av norska fältförsök. *Ekologiskt lantbruk*, 2015. **6**(4): p. 307-322.
11. Adamovich, A., Inverkan av klippregim och kvävegödsling på produktiviteten hos fodergaleagräsvallar. DIAS-rapport, Växtproduktion, 2002(84): s. 157-161.
12. Adamovich, A., et al., Forage quality dynamics and productivity of fodder galea-grass swards. 2007, Lettlands lantbruksuniversitet, 2 Liela iela, Jelgava, LV-3001, Lettland. Merlbeke, Belgien: Belgian Society for Grassland and Forage Crops. 181-184.

13. Adamovics, A., et al, Galega för foder- och biogasproduktion. 2008, Lettlands lantbruksuniversitet, 5, Cakstes blvd, LV-3001 Jelgava, Lettland. Slovakien: Slovak Agricultural Research Centre, Research Institute of Animal Production, Nitra. 170-171.
14. Sørensen, K., A. Helgadóttir, and A. Hopkins, Cutting strategy as a tool for manipulating the seasonal nutritive value and production in grass-clover. 2013, Institutionen för agroekologi, Aarhus universitet, Tjele, Danmark. Borgarnes, Island: Islands lantbruksuniversitet. 216-218.
15. Ergon, A., et al., Artinteraktioner i en gräsmarksblandning under låg kvävegödsling och två klippfrekvenser: 1. torrsubstansavkastning och dynamik i artsammansättningen. Grass and Forage Science, 2016. **71**(4): p. 667-682.
16. Ergon, A., et al., Species interactions in a grassland mixture under low nitrogen fertilization and two cutting frequencies. II. Näringsmässig kvalitet. Grass and Forage Science, 2017. **72**(2): p. 333-342.
17. Eriksen, J., et al., Root biomass and carbon storage in differently managed multispecies temporary grasslands. Vol. 17. 2012, Aarhus Univ, Dept Agroecol, POB 50, DK-8830 Tjele, Danmark. Lublin, Polen: Polish Grassland Soc-Polskie Towarzystwo Lekarskie. 610-612.
18. Nielsen, C.K., U. Jørgensen och P.E. Lærke, Root-To-Shoot Ratios of Flood-Tolerant Perennial Grasses Depend on Harvest and Fertilization Management: Konsekvenser för kvantifiering av kolinmatning i marken. Gränser inom miljövetenskap, 2021. **9**: p. 14.
19. Bonesmo, H. och A.O. Skjelvåg, Återväxthastigheter för timotej och ängssvingel som klipps i fem fenologiska stadier. Acta Agriculturae Scandinavica, sektion B - mark- och växtvetenskap, 1999. **49**(4): p. 209-215.
20. Jatkauskas, J., et al., Förändringar i avkastning, kemisk sammansättning och smältbarhet hos olika fleråriga gräs vid mognad. 2003, Lithuanian Institute of Animal Science, Baisogala, Radviliskis distr., Litauen. Pleven, Bulgarien: Bulgarian Association for Grassland and Forage Production (BAGFP). 204-206.
21. Jonaviciene, K., et al., Quality of timothy (*Phleum pratense* L.) and causality of its variation. 2008, Litauens jordbruksinstitut, Akademija, Kedainiai distr., Litauen. Uppsala, Sverige: Sveriges lantbruksuniversitet. 471-473.
22. Bernes, G., M. Hetta, och K. Martinsson, Effekt av mognad hos timotej på ensilagekvalitet och lammets prestation. Options Mediterraneennes. Serie A, Seminaires Mediterraneens, 2007(74): s. 73-76.
23. Bernes, G., M. Hetta och K. Martinsson, Effekter av skördedatum för timotej (*Phleum pratense*) på dess näringsvärde och på lammens frivilliga ensilageintag och levande viktökning. Grass and Forage Science, 2008. **63**(2): p. 212-220.
24. Arvidsson, K., K. Martinsson, and A.M. Gustavsson, Fatty acid concentrations in timothy (*Phleum pratense* L.) and meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.): Effekter av säsongsvariationer vid olika kvävegödslingsnivåer. Acta Agriculturae Scandinavica Sektion B - Jord- och växtvetenskap, 2013. **63**(4): p. 314-321.

25. Bernes, G., et al., Fytoöstrogenkoncentration i sorter av rödklöver (*Trifolium pratense* L.). 2016, Institutionen för norrländsk jordbruksforskning, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå. As, Norge: Nibio. 254-256.
26. Rinne, M. och A. Nykanen, Tidpunkten för skörd av primär tillväxt påverkar avkastningen och näringsvärdet hos blandningar av timotej och rödklöver. Lantbruks- och livsmedelsvetenskap i Finland, 2000. **9**(2): p. 121-134.
27. Elgersma, A., et al., Effekter av skördefördröjning på näringsvärdet i fyra gräs- och fyra baljväxtarter i binära blandningar. 2016, Wageningen, Nederländerna. As, Norge: Nibio. 225-228.
28. Bakken, A.K., et al, Kvalitetsutveckling i återväxt av timotej, ängssvingel och rödklöver. 2008, Norsk institutt for landbruks- og miljøforskning, Grassland and Landscape Division, Stjordal, Norge. Uppsala, Sverige: Sveriges lantbruksuniversitet. 444-449.
29. Nadeem, S., et al., Förhållandet mellan fenologisk utveckling av rödklöver och dess foderkvalitet i blandade svärdar. 2018, Norska institutet för bioekonomiforskning (NIBIO), 1431 As, Norge. Fermoy, Republiken Irland: Teagasc, forsknings- och innovationscentrum för djur och gräsmarker. 69-71.
30. Aavola, R. och P. Pechter, Modern cultivars of timothy produce more herbage with enhanced feeding value. 2020, Helsingfors, Finland: Organisationskommittén för den 28:e generalförsamlingen för European Grassland Federation & Naturresursinstitutet (Luke). 209-211.
31. Hoglind, M., H.M. Hanslin, and M. Van Oijen, Timothy regrowth, tillering and leaf area dynamics following spring harvest at two growth stages. Field Crops Research, 2005. **93**(1): p. 51-63.
32. Jorgensen, M., et al., Längre växtsäsong med varmare höst på nordliga breddgrader - kan bönderna ta en extra skörd? 2018, Norska institutet för bioekonomiforskning, NIBIO, Ås, Norge. Fermoy, Republiken Irland: Teagasc, forsknings- och innovationscentrum för djur och gräsmark. 255-257.
33. Nissinen, O., et al., Effective growing degree days as a critical factor for yield and qualitative values of timothy in subarctic growing conditions. 2001, Agr Res Ctr, Lapland Res Stn, Tutkijantie 28, FIN-96900 Saarenkylä, Finland. Sao Pedro, Brasilien: Fundacao Estudos Agrarios Luiz Queiroz (Fealq). 396-397.
34. Termonen, M., P. Korhonen och P. Virkajarvi, Nutritional values of leaf and stem fractions in the second growth of timothy and meadow fescue. 2020, Helsingfors, Finland: Organisationskommittén för det 28:e allmänna mötet för European Grassland Federation & Naturresursinstitutet (Luke). 147-149.
35. Hyrkas, M., et al., Olika skördestrategier och sortblandningar för produktion av gräsensilage i Finland. 2015, Naturresursinstitutet (Luke), Grön teknik, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, Finland. Wageningen, Nederländerna: Wageningen Academic Publishers. 239-241.
36. Hyrkas, M., et al., Utvecklingen av avkastning och smältbarhet hos den tredje skörden av gräsensilage i Finland. 2016, Naturresursinstitutet (Luke), Grön teknik, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, Finland. Som, Norge: Nibio. 498-500.

37. Halling, M.A., A. Helgadottir, and A. Hopkins, Persistens och avkastning hos *Lolium perenne* i olika skördesystem. 2013, Institutionen för växtproduktionsekologi, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Uppsala. Borgarnes, Island: Islands lantbruksuniversitet. 198-200.
38. Hansen, N.P., et al., Effekt av återväxtperiod för engelskt rajgräs på avkastning och näringsvärde av gräs. 2020, Helsingfors, Finland: Organisationskommittén för den 28:e generalförsamlingen för European Grassland Federation & Naturresursinstitutet (Luke). 267-269.
39. Kykkanen, S., et al, Svampsjukdomarnas roll i ackumuleringen av död vävnad i timotej- och ängssvingelvallar. 2016, Naturresursinstitutet (Luke), Grön teknik, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, Finland. Ås, Norge: Nibio. 492-494.
40. Virkajarvi, P., et al., Betydelsen av åldrande och dött material för näringsvärdet i gräsensilage. 2012, MTT Agrifood Research Finland, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, Finland. Helsingfors, Finland: MTT Agrifood Research Finland. 188-189.
41. Makiniemi, K., et al., Optimering av skördetiden för ren lusern (*Medicago sativa* L.) i Finland. 2016, Naturresursinstitutet (Luke), Alapaantie 104, 61400 Ylistaro, Finland. Ås, Norge: Nibio. 290-292.
42. Lillak, R., et al., The influence of cutting system and soil conditions influence on persistence and productivity of lucerne. 2003, Department of Grassland Science and Botany, Estonian Agricultural University, Tartu, Estland. Pleven, Bulgarien: Bulgarian Association for Grassland and Forage Production (BAGFP). 357-360.
43. Søgaaard, K., Klippstrategi för ett femskärssystem i olika gräsmarksblandningar. 2014, Aberystwyth, Storbritannien: IBERS, Aberystwyth University. 576-579.
44. Søgaaard, K., et al., Effekten av klippstrategi på produktion och kvalitet av högavkastande gräsmarker med flera arter. 2015, Institutionen för agroekologi, Aarhus universitet, Fjele, Danmark. Wageningen, Nederländerna: Wageningen Academic Publishers. 319-321.
45. Elgersma, A. och K. Søgaaard, Changes in nutritive value and herbage yield during extended growth intervals in grass-legume mixtures: effects of species, maturity at harvest, and relationships between productivity and components of feed quality. *Vetenskap om gräs och foder*, 2018. **73**(1): p. 78-93.
46. Hetta, M., et al., In vitro nedbrytningsegenskaper hos timotej och rödklöver vid olika skördetider. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, 2004. **54**(1): p. 20-29.
47. Nilsson-Linde, N., et al., Breddar skördefönstret med kontrasterande gräsklöverblandningar. 2016, Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för växtproduktionsekologi, Sverige. Ås, Norge: Nibio. 191-193.
48. Nadeau, E., et al, Variations in alpha-tocopherol and beta-carotene concentrations in forage legumes and grasses harvested at different sites and maturity stages. 2013, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, Sveriges lantbruksuniversitet, Skara. Orange, Australien: New South Wales Department of Primary Industry. 643-646.

49. Solati, Z., U. Jørgensen och K. Søgaard, Proteinproduktivitet och extraherbarhet hos baljväxter och gräsarter under vårens tillväxt. 2016, Ås, Norge: Nibio. 116-118.
50. Solati, Z., et al., Torrsubstansavkastning, kemisk sammansättning och uppskattat extraherbart protein av baljväxter och gräsarter under vårens tillväxt. *J Sci Food Agric*, 2017. **97**(12): p. 3958-3966.
51. Virkajarvi, P., Effekter av avblåsningshöjden på återväxten av timotej och ängssvingel under den generativa och vegetativa tillväxtfasen. *Jordbruks- och livsmedelsvetenskap i Finland*, 2003. **12**(3-4): p. 177-193.

3. Skörd och konservering

3.1 Skörd och konservering

Elisabet Nadeau, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd, SLU

Martin Knicky, Institutionen för jordbruk och livsmedel, RISE

Katarina Arvidsson Segerkvist, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd, SLU

3.1.1 Inledning

Olika typer av gräs har olika ensileringsegenskaper beroende på koncentrationen av vattenlösliga kolhydrater (WSC) och råprotein (CP) samt variationer i buffertkapacitet. Baljväxter, som klöver (*Trifolium spp.*) och lusern (*Medicago sativa*), är svårare att ensilera eftersom de innehåller mindre WSC, mer CP och har högre buffertkapacitet än gräs. Bra förutsättningar med snabb och jämn förtorkning av grödan i fält till en lämplig torrsustanshalt (ts), anpassad för silo eller rundbal, är viktigt för att bibehålla WSC-innehållet och för att minimera växtenzymernas nedbrytningen av proteinet i fält, vilket minskar ts-förlusterna. Grönmassans buffertkapacitet kan definieras som i vilken grad grönmassan motstår förändringar i pH-värdet. Färsch grönmassa med hög buffertkapacitet kräver mer syra för att sänka pH-värdet från sex till fyra jämfört med vallfoder med låg buffertkapacitet. Anjonerna i organiska syror står för merparten av växtens buffertkapacitet, medan växtproteinerna står för en mindre andel. Dessutom kan färsch grönmassa ha högre innehåll av organiska syror och därför ha en högre buffertkapacitet jämfört med förtorkad grönmassa.

3.1.2 Gräsarter, mognad, skötsel och konservering

Foder Grovfoder är en bra källa till protein, fettsyror och vitaminer, men innehåller även fytoöstrogener i varierande grad, vilket kräver ytterligare uppmärksamhet. Koncentrationen av dessa östrogenliknande ämnen påverkas av växtart, växtens mognad och ensilering. Arvidsson et al [1] studerade effekten av ensilering på fettsyrasammansättningen i timotej (*Phleum pratense*) och fann att ensileringsprocessen påverkade innehållet av fettsyror. Efter ensilering såg man

lägre proportioner av t.ex. α -linolensyra (18:3n-3) och högre proportioner av linolsyra (18:2n-6) jämfört med färsk grönmassa. Vidare fann Arvidsson et al [2] sjunkande koncentrationer av totala ängden fettsyror, α -linolensyra och linolsyra med ökande mognad hos timotej och ängssvingel (*Festuca pratensis*). Koivunen et al [3] jämförde dessutom lipidinnehållet och fettsyrasammansättningen i färsk och ensilerad rödklöver (*Trifolium pratense*) och i en blandning av timotej och ängssvingel. Koncentrationerna av α -linolensyra (10,6 vs. 9,7 g/kg ts) och totala fettsyror (15,5 vs. 13,3 g/kg ts) var högre för rödklöver än för gräs och koncentrationerna minskade med stigande mognadsstadier, med en topp i det vegetativa stadiet, vilket kan relateras till det högsta kvoten mellan andelen blad och stam. Majoriteten av fettsyror i färskt material var förestrade, medan icke-förestrade fettsyror dominerade i ensilage. Denna studie bekräftade tidigare studier att rödklöver har högre polyfenoloxidasaktivitet (PPO) än gräs, vilket verkade minska proteolysen under ensilering av rödklöver. Polyfenoloxidas är ett enzym som oxiderar o-difenol till o-kinon. O-kinonen kan reagera med funktionella grupper i proteiner och bilda proteinbundna fenoler.

Det finns endast knapphändig information om vitaminer och fytoöstrogener i grovfoder. När det gäller vitaminer utvärderade Lindqvist et al [4] de fettlösliga vitaminerna i blandningar av baljväxter och gräs. De fann högre koncentrationer av α -tokoferol i en blandning av vitklöver (*Trifolium repens*) och timotej jämfört med en blandning av rödklöver och timotej och högre β -karotenkoncentration än i rödklöver blandad med timotej eller ängssvingel. Fytoöstrogener förekommer i baljväxter, där de har biologiska effekter som liknar östrogenernas hos djur. Sarelli et al [5] jämförde fytoöstrogenerna i vitklöver och rödklöver. De fann nästan inga fytoöstrogener i vitklöver, medan färsk och ensilerad rödklöver innehöll 0,7–1,2 % av ts, med lägre koncentrationer när den skördades i blom jämfört med i knoppstadiet [5].

Antalet mikroorganismer i det färska och ensilerade fodret kan också påverkas av skötselsystemet för vallen som skördas tidigt och sent under sommaren. Müller [6] undersökte en intensivt skött och en extensivt skött gräsvall, båda skördade som första skörd i maj, juni och augusti (45, 51 respektive 55% TS). Den extensivt skötta vallen var cirka 20 år gammal, bestod mestadels av timotej och ängssvingel men även av kvickrot (*Elytrigia repens*) och maskrosor (*Taraxacum spp.*) och hade skördats två gånger per år för ensilage och hö. Den intensivt skötta vallen var två år gammal och bestod mestadels av timotej och ängssvingel men även av engelskt rajgräs (*Lolium perenne*) och rödklöver. Ensileringen skedde i 25-liters silos av rostfritt stål. Vallens sammansättning hade mindre effekt än skördedatumet på antalet mikroorganismer, både i färskt och ensilerat foder. Senare skördedatum resulterade i ökat antal jäst- och enterobakterier, medan antalet klostridiesporer förblev oförändrat i fodret. Antalet mjölksyrabakterier (LAB) och mögel var högst i den färska grödan i augusti, då det fanns mer dött material. De flesta LAB förekom

vid stjälkbasen, där det fanns dött material och inget solljus men fukt. När det kommer till det konserverade hösilaget resulterade senare skördedatum i ökat antal jäst och LAB, medan antalet enterobakterier minskade. Hösilage som skördades i maj hade den högsta etanolhalten, den lägsta mjölksyrhalten och de högsta ts-förlusterna. Hösilage skördat i augusti hade lägst pH och etanolkoncentration, men högst antal LAB och längst aerob stabilitet. Schenk och Müller [7] gjorde en liknande studie i en intensivt skött vall som skördades för hösilage (55% ts) i primär tillväxt i juni, juli och augusti. Antalet jäst, enterobakterier och LAB i färskt och ensilerat vallfoder ökade med fördröjd skördetid. Antalet mögelarter i gräset minskade under ensileringen. Lagringsförlusterna av ts var störst i augusti och minst i juli, men hösilagets aeroba stabilitet påverkades inte av skördetiden.

En viktig faktor som påverkar fermenteringsprocessen är naturligt förekommande mikrobiologiska föroreningar i grönmassan. Det är vanligt att använda olika organiska gödselmedel i vallproduktionen. Användningen av organiska gödselmedel är dock förknippad med kontaminering av vallgrödor med oönskade mikroorganismer när gödslingen inte sker direkt efter föregående skörd. Flera studier har undersökt hur organiska gödselmedel påverkar ensilagekvaliteten och vilka faktorer som eliminerar en negativ effekt av organiska gödselmedel på ensilagekvaliteten. Gismervik et al. [8] utvärderade LAB-inokuleringsmedel, syrabaserad tillsats och nitrit med organiskt syrasalt på ensilagekvaliteten hos vall som kontaminerats med populationer av mördarsnigel (*Arion vulgaris*) strax före ensilering. Resultaten visade att ökande snigelkontaminering minskade den mikrobiella kvaliteten på ensilage genom ökade *Clostridium tyrobutyricum*-nivåer. Endast ensilage som behandlats med den nitritinnehållande tillsatsen hade icke detekterbara nivåer av *C. tyrobutyricum* och ökande snigelkontaminering ökade förekomsten av mjölksyrebakterier i ensilaget. Liknande resultat erhöles av Randby et al [9] där syrabaserad tillsats och en tillsats som innehöll nitrit med organiska syrasalter minskade populationen av mördarsnigel (*A. vulgaris*) i ensilage som torkats till 37% TS. Samma effekt erhöles inte genom bakteriell inokulering. Johansson et al [10] visade att förtorkning av gräs till över 39% ts kontaminerat med en mängd olika bakterier och virus påverkade grödans konserveringsförmåga negativt. Bakterie- och svampsporer och de studerade virusen inaktiverades inte nämnvärt av ensilering vid dessa höga ts-halter. Müller et al [11] drog dock slutsatsen att användningen av anaeroba rötrestprodukter som gödselmedel på vall 7 veckor före skörd inte hade någon effekt på ensilagets mikrobiella sammansättning. Pauly och Tham [12] undersökte dessutom överlevnaden av *Listeria monocytogenes* i grödor som inokulerats strax före ensilering. En ökning av ts-halten från 200 till 540 g/kg minskade inte förekomsten av listeria. Både bakterieinokuleringsmedel och myrsyra reducerade effektivt *L. monocytogenes* i våta ensilage (200 g ts/kg), men endast bakterietillsatsen reducerade antalet listeria i de förtorkade ensilagen (430 g ts/kg).

3.1.3 Förtorkning

När vallfodret förtorkas innan ensilering börjar växtenzymerna bryta ned protein till ammoniakkväve och andra enkla kväveföreningar. En längre förtorkningstid i regnigt väder, särskilt när förtorkningen sker i stora strängar, ökar denna proteolys. Därför är det viktigt med snabb och jämn förtorkning genom bredspridning eller smala strängar, för att begränsa nedbrytningen av protein under förtorkningen [13, 14]. Bredspridning ökade torkningshastigheten, gav högre ts-halt, förbättrade ensilagefermenteringen och minskade ts-förlusterna [13, 14, 15]. Förtorkning i upp till 24 timmar i soligt och varmt väder ökar till och med proteinkvaliteten i gräs- och baljväxtvallar. Det finns mycket få publicerade resultat om effekten av förtorkning på fodrets proteinkvalitet och andra näringsämnen. Sousa et al [16] utvärderade effekten av förtorkning på proteinkvaliteten i en blandning av lusern och vitklöver (85:15) under andraskörd. Snabb förtorkning under sex timmar minskade det lösliga äkta proteinet, samtidigt som det smältbara, långsamt nedbrytbara proteinet och det våmnedbrytbara proteinet ökade, vilket visar att förtorkningen inte bara minskade proteolysen utan också förbättrade proteinkvaliteten genom att omvandla lösligt äkta protein till långsamt nedbrytbart äkta protein, varav en stor del är våmnedbrytbart protein (RUP). En del av detta lösliga protein var bundet till NDF. Dessa resultat överensstämmer med resultaten från Nadeau et al [17] när gräs-/baljväxtfoder torkades i 23 timmar genom bredspridning i fält till 35% ts. Denna förbättrade proteinkvalitet kan orsakas av syntes av proteinbundna fenoler som kan katalyseras under förtorkning av PPO-enzymet. Ensilering av det förtorkade fodret minskade det sanna proteinet genom att öka icke-proteinkvävet och minska det i vommen onedbrytbara proteinet. Denna proteolys under anaeroba förhållanden orsakas av bakterier, som deaminerar aminosyror till ammoniak. Bakken et al [18] fann dock att effekten av förtorkning på innehållet av lösligt råprotein påverkades av skördenumret och endast hade ett mindre inflytande på proteinvärdet beräknat som aminosyror som absorberas i tunntarmen och uppskattas som effektivt användbart protein. Däremot fann Steinshamn m.fl. [19] ett högre AAT20-värde för förtorkat jämfört med färsktengelskt rajgräs. I båda försöken förtorkades fodret inomhus.

Förtorkning utomhus kan också påverka andra näringsämnen, t.ex. vitamininnehållet i foder. Lindqvist m.fl. [4] rapporterade en 30-procentig minskning av α -tokoferolkoncentrationen i en blandning av vitklöver/timotej, medan α -tokoferolkoncentrationen i en blandning av rödklöver/timotej och en blandning av rödklöver/ängssvingel inte påverkades av förtorkning från 13 % ts till 27 % ts. Det var ingen effekt av förtorkning och ensilering på β -karotenkoncentrationerna i grovfodren. Ensilering ökade α -tokoferolkoncentrationen i blandningen av klöver och timotej med 38%, men påverkade inte α -tokoferolkoncentrationen i rödklöverblandningen [4]. Arvidsson

et al [1] studerade effekten av förtorkning på fettsyrakoncentrationen i timotej men såg inga skillnader i förtorkat gräs (35% TS) jämfört med färskt gräs.

Förtorkning av vallfoder på fältet kan påverka våmfermenteringen hos kor. Kokkonen et al [20] observerade en ökad passagehastighet för små partiklar från vommen, vilket ledde till kortare retentionstid i vommen för förtorkat jämfört med direktskördat gräsenilage. När det gäller organiska syror i våmmen tenderade andelen propionat att vara högre medan andelen butyrat var lägre i förtorkat än i direktskordet ensilage. NH_3 -N-koncentrationen i våmmen var högre i direktskordat ensilage, vilket troligen berodde på en högre NH_3 -N-koncentration i ensilaget.

För hötillverkning krävs torkning på fältet till en ts-halt på minst 60 % följt av torkning i ladan till 85 % ts-halt. Under årens lopp har det skett en övergång från hö till ensilage för mjölkkor och växande nötkreatur eftersom ts-intaget vanligtvis är större för ensilage. Denna skillnad i ts-intag kan bero på en högre fiberkoncentration i hö än i ensilage när fodret skördas senare som hö än som ensilage [21, 22]. De olika lagringsmetoderna kan också påverka innehållet av fettsyror och vitaminer i mjölken. Shingfield et al [21] rapporterade mer fleromättade fettsyror men lägre koncentrationer av riboflavin, α -tokoferol och β -karoten i mjölk från kor som utfodrats med hö jämfört med ensilage av en förstaskörd av en timotej/ängssvingelvall. Halmemies-Beauchet-Filleau et al [22] fann dock ett minskat innehåll av fettsyror, främst på grund av förluster av linolsyra och α -linolensyra i hö jämfört med ensilage av en förstaskörd av timotej/ängssvingel. Dessutom minskade hö lipolys och biohydrogenering av omättade fettsyror, flyktiga fettsyror i våmmen (VFA) och molär andel butyrat, men ökade molär andel acetat i våmmen [22]. I en studie med tackor som utfodrades med ensilage eller hö var dessutom intaget av β -karoten betydligt lägre i högruppen, vilket också återspeglades i vitamin A-nivåerna i blodet, som var högre i ensilagegruppen från mitten av dräktigheten [23]. De ensilageutfodrade tackorna hade högre nivåer av alfa-tokoferol i blodet i mitten av dräktigheten jämfört med tackor som utfodrats med hö.

3.1.4 Skördemetod

Det finns olika skördetekniker för vallar som påverkar gräsets torkningshastighet. Nadeau et al [24, 25] fann en högre ts-halt (42%) i gräs/klöverfoder som skördades med en roterande efterbehandlare jämfört med gräs/klöverfoder som skördades med en roterande slåtermaskin (32%) efter 21 timmars torkning, när fodret bredspriddes och stränglades i fält. Skörd med en rotorklippare minskade torkningshastigheten i strängen och jämnade därför ut ts-halten under hackning/skärning av fodret. Fodret hackades med en precisionshackvagn (Taarup 480) till en medellängd på 27 mm eller klipptes med

en rotorklippvagn (Pöttinger Jumbo 6010) till en medellängd på 85 mm. När fodret skördades med en rotorklippare förbättrade hackningen ensilageegenskaperna genom att minska koncentrationerna av smörsyra och etanol, vilket minskade ts-förlusterna (3,2 vs. 3,7%) jämfört med klippt foder. När fodret skördades med en rotorklippare hade hackat och skuret ensilage liknande egenskaper, förutom att det fanns mer ättiksyra i det skurna än i det hackade ensilaget (10,0 vs. 7,3 g/kg ts). På liknande sätt fann Lingvall och Knicky [26] inga skillnader i ensilagekvalitet mellan en vagn med precisionshack och en vagn med rotorklippare, när en vall hade klippts med en roterande efterbehandlare. Följaktligen kan valet av skördeteknik i viss mån påverka ensilagens kvalitet, men Nadeau et al [24, 25] drog slutsatsen att användningen av olika typer av ensileringstillätsatser (salt, syra och bakterieinokulant) som testades i studien hade större effekt än skördemetoden på ensilagekvaliteten. Resultat från studier där fermenteringsegenskaper hos ensilage av långt respektive hackat gräs har jämförts visar dessutom att fermenteringshastigheten, mätt som pH-sänkning efter 3 dagars fermentering, har förbättrats i hackat vallfoder. Skillnaderna har dock varit relativt små i jämförelse med de positiva effekterna av ensileringstillätsatser på fermenteringsegenskaper och ts-förluster efter en lagringstid på minst 90 dagar [27, 28, 29]. Müller [30] fann inte heller några skillnader i pH, fermenteringsegenskaper, ts-förluster och aerob stabilitet mellan klippt och oklippt hösilage (55 % ts) i balar. Feng et al [31] observerade dock att hackning av rörsvingel från 130 mm till 24 mm förbättrade ensilagefermenteringen i betongsilos när det gäller eliminering av klostridiefermentering. Detta var förmodligen ett resultat av en intensivare fermentering i hackat ensilage i silos än i längre skuret ensilage i balar, ensilerat vid samma ts-halt, vilket Slottner och Bertilsson [32] visade.

Strimling är en typ av bearbetning där partiklarna från foderväxter krossas och bryts mellan valsar som roterar med olika hastighet. Jämfört med precisionshackning försöker man vid strimling sönderdela foderpartiklarna för att öka ytan för mikrobiell vidhäftning och därigenom underlätta ensilagefermenteringen och nedbrytningen i vommen [33]. Blandningar av lusern, rödklöver, engelskt rajgräs och gräs-klöver med en ts-halt på 19–25 % ensilerades i vakuumpåsar som de var eller strimlades 1x eller 4x före ensilering [34]. Strimlingen skedde i en laboratoriefördelare och 4x innebar fyra passager genom fördelaren. Strimlingen förbättrade den initiala densiteten och jäsningens kvalitet hos ensilage av engelskt rajgräs och rödklöver samtidigt som vikt-förlusterna vid jäsningen minskade. Lusernensilaget påverkades inte av strimlingen men hade klostridiefermentering, vilket orsakade högt pH [34]. I en annan studie utvärderade Hansen et al [33] effekten av strimling på fermenteringskvaliteten hos en gräs-klövervall före balpressning och inplastning. Vallarna skördades tidigt (14 maj) eller sent (29 maj) i första skörd och förtorkades till 40–50 % ts innan de strimlades i fält med en traktordriven maskin. I likhet med resultaten på engelskt rajgräs och

rödklöver av Samarasinghe et al. [34] förbättrade strimlingen ensilagefermenteringen genom att öka laktat och acetat medan propionat och butyrat minskade, vilket resulterade i minskat pH i ensilaget. Strimling minskade också mängden lösligt kväve [33].

3.1.5 Förvaringsmetod

Det finns två huvudsakliga lagringstekniker: höbärgning och ensilering. Hö lagras vanligtvis i balar utan plastinpackning eller löst med sluttorkning inomhus, medan ensilage lagras i en mängd olika typer av silos som kan delas in i flera huvudkategorier; silos utan stödväggar, plansilos, tornsilos och tubsilos. Ett annat vanligt lagringssystem för ensilage är plastöverdragna ensilagebalar. Det finns få studier som jämför olika lagringstekniker. Det finns främst jämförelser av ensilagekvalitet mellan lagringssystem med rundbalar och plansilos, som är de vanligaste lagringssystemen i Norden. Dessa två lagringssystem är förknippade med två olika mekaniska behandlingar av fodret före packning. Grovfoder som lagras i balar snittas medan grovfoder som ensileras i plansilos oftast precisionshackas om det inte snittas med en rotorsnittvagn. Precisionshackning ger bättre komprimering av fodret jämfört med snittning. Detta visades i en studie av Randby och Bakken [35], där ensilering av grödor med ts-halter på 18–20 % resulterade i mycket lägre densitet i balar än i plansilo (111 vs 164 kg ts/m³). Summan av synliga mögelförluster samt ts-förluster genom grödans andning, pressvattenavrinning, anaerob fermentering, aerob nedbrytning och förluster i form av gas var dock betydligt högre i plansilos än i balar (14,1 vs 7,2%) [35]. Randby et al [36] rapporterade att packningstätheten ökade i plansilon genom att ersätta traktorn med en tyngre hjullastare. Densiteten ökade med 9%, men i fuktigare och mindre fiberrika grödor var ensilageförlusterna större med hjullastare än med traktorpackning. I torrare och mer fibrösa grödor var det tvärtom. Deras observationer tyder på att packningstrycket bör anpassas till grödans fuktighet och morfologi och att en lägsta densitet på 705 kg/m³ bör eftersträvas, liksom en hög fyllnadsgrad för att undvika varmgång. De observerade också att densiteten var kritisk i ytskikten, särskilt i siloaxlarna där den genomsnittliga sporkoncentrationen av *Clostridium tyrobutyricum* var > 5 log cfu/g. På liknande sätt fann Nadeau et al [37] förhöjda sporantal av *C. tyrobutyricum* nära kanterna på plansilos på svenska mjölkgårdar.

Müller et al [38] studerade effekten av torrsubbans och lagringstid på kvaliteten på ensilage i småbalar och hösilage och fann att ensilage producerar mer jäsningsprodukter över tid än hösilage med ganska stabil bildning av jäsningsprodukter. Müller och Johansen [39] drog också slutsatsen att ombalning från stora rundbalar till små fyrkantbalar kan göras utan stora förändringar i den kemiska sammansättningen efter tre månaders lagring. Antalet jästsvampar kan

dock öka i återbalat hösilage och både antalet jästsvampar och mögel kan öka i ensilage.

Förekomsten av toxiner i ensilage är inte önskvärt på grund av hälsoriskerna för djuren. Förekomsten av toxiner kan förknippas med olämpliga ensileringsmetoder (låg packningstäthet, försenad förslutning, låg ensileringshygien, dålig täthet i silon) som leder till mögeltillväxt i ensilaget. På grund av en lägre packningstäthet och en högre risk för skador på omslutande plast är balensilage mer utsatt för mögel än ensilage i plansilos. Venslovas et al [40] visade att aflatoxin B₁ dominerade i litauiskt gräsenilage. Deras jämförelse av ensilagelagring visade på betydligt högre koncentrationer av aflatoxin B₁ i gravsilo än i plansilo eller balar. Täckningen av ensilagebalarna är en viktig faktor för att uppnå rätt täthet. En studie av Spörndly och Nylund [41] jämförde en ny mantelfilm med traditionella nät för rundbalar och visade att mantelfilm gav mindre balvolym och omkrets, större andel CO₂ i balen och större täthet, vilket resulterade i mindre mögel och lägre ammoniak-N-koncentration. Jämförelsen av antalet lager sträckfilm visade att åtta lager sträckfilm gav de bästa resultaten vad gäller den högsta andelen CO₂, högre täthet, ingen förekomst av mögel, högre WSC och lägre etanolkoncentrationer jämfört med fyra lager sträckfilm. Sex lager sträckfilm gav också en större andel CO₂, högre täthet och mindre mögel och etanol jämfört med fyra lager.

3.1.6 Ensilering med tillsatsmedel - effekter på ensilagefermentering och aerob stabilitet

Användning av ensilerings tillsatser har blivit ett konventionellt sätt att kontrollera ensileringsprocessen. Huvudsyftet med att använda ensileringsmedel är att säkerställa fermenteringsprocessen för att producera välkonserverat ensilage samt att eliminera aeroba försämringsprocesser i ensilage när ensilaget utfodras. Ensileringsmedel kan delas in i två huvudkategorier, biologiska och kemiska tillsatser. Biologiska tillsatser används för att stimulera mjölksyrafermenteringen. Doseringar från 1×10^5 till 1×10^6 är i allmänhet tillräckligt för att förbättra ensilagens fermenteringsprofil. Mjölksyrabakteriernas förmåga att stabilisera ensilage under utfodringsfasen är dock begränsad, särskilt när det gäller homofermentativa stammar. Detta visades av Saarisalo et al. [42] med en isolerad stam av *Lb. plantarum* [43] och av Seppälä et al. [44], som visade att ensilage som behandlats med en ren stam av *Lb. plantarum* kan ge sämre aerob stabilitet än obehandlat kontrollensilage. Därför har kombinationen med heterofermentativa mjölksyrabakterier testats i stor utsträckning. I synnerhet har kombinationen med *Lb. buchneri*, som har förmågan att omvandla mjölksyra till ättiksyra, visat sig vara effektiv när det gäller att eliminera jäst och därigenom förbättra den aeroba stabiliteten hos ensilage under utfodringsfasen. Dessa resultat har observerats i ett antal studier [45, 46, 47, 48]. Dessutom observerade Seppälä et al [44] att endast

behandlingar med mjölksyrabakterier, inklusive den heterofermentativa stammen *Lb. brevis*, kunde förbättra den aeroba stabiliteten hos fullfoder. Ett annat sätt att förbättra den aeroba stabiliteten hos ensilage som behandlats med mjölksyrabakterier var att blanda dem med kemiska tillsatser. Saarisalo et al [42] testade tillsats av natriumbensoat och myrsyra till *Lb. plantarum*-behandlat ensilage före ensilering samt efter lagring före aerobt test och fann att tillsats av natriumbensoat förbättrade ensilagens aeroba stabilitet. En förbättring av ensilagens aeroba stabilitet genom tillsats av natriumbensoat till en mjölksyrabakterieblandning observerades också av Jatkauskas och Vrotniakiene [49]. Jatkauskas et al [45] fick dock ingen förbättring genom tillsats av natriumbensoat till en mjölksyrabakterieblandning jämfört med en blandning som innehöll *Lb. buchneri*.

Tillsats av enzymer är ett annat sätt att förbättra ensileringsprocessen. Det finns ett särskilt intresse för att använda fibrolytiska enzymer, som bryter ner cellulosa- och hemicellulosakomplex, i syfte att tillhandahålla mer lättillgängliga substrat, t.ex. sockerarter, för mjölksyrabakterier samt för att förbättra utnyttjandet av växtfiber. Rinne et al [50] behandlade vallfoder med tre nivåer av cellulosa-/hemicellulosenzymer. Resultaten visade en linjär minskning av NDF-koncentrationen med ökande enzymtillsats och sockerökningen återspeglades i högre mjölksyrabildning. Vidare visade Dehghani et al [51] att tillsats av glukanas, β -glukanas och pektinas ökade mjölksyran och minskade smörsyran, ammoniak och pH jämfört med kontrollen i lusern- och gräs-klöverensilage, och ökade glukoskoncentrationen i lusernensilage. I en studie av Feng et al [31] där en blandning av en mängd olika enzymer och mjölksyrabakterier användes, fanns det en positiv effekt på bevarandet av organisk torrsubstans. Å andra sidan ledde tillsats av melass tillsammans med mjölksyrabakterier och enzymer till överdriven produktion av etanol [52]. Kasmaei et al [53] testade hypotesen att den inkonsekventa effekten av *Lb. buchneri* LN 4017 på smältbarheten hos ensilagefibrer beror på katabolisk repression av ferulylesterasaktiviteten av substrat som finns i ensilaget (t.ex. glukos), dock utan framgång.

Kemiska tillsatser begränsar delvis mikrobiell tillväxt, särskilt oönskade mikroorganismer i ensilage. En stark fermentationsbegränsande effekt har visats av myrsyra enskilt eller i blandningar. Användningen av dessa blandningar visade en lovande effekt på minskningen av proteolysen under ensileringsprocessen. En studie av Slottnér och Bertilsson [32] visade att användningen av 6 l/t myrsyra minskade proteolysen. Steinshamn et al [19] testade att tillsätta 2, 4 eller 6 l/ton myrsyrabaserad tillsats och dess blandning på vall med en ts-halt på 25, 35 och 45 % ts-halt. Tillsatsen begränsade fermenteringen och bevarade WSC samt förbättrade det beräknade proteinvärdet AAT20. Koivunen et al [3] observerade att tillsats av myrsyra under ensileringen av rödklöver också minskade lipolysen i silon. Sarelli et al [5] studerade dessutom effekten av ensilerings tillsatser på

fytoöstroginnehållet i rödklöver. Ensilage med en tillsats som innehöll *Lb. plantarum* hade högre koncentrationer av genistein och biochanin A än ensilage som tillverkats med myrsyra. På liknande sätt visade studien av Lindqvist et al [4] att en LAB-behandling av vallfoder är bättre för att bevara α -tokoferol i klöver-gräsblandningar än en myrsyra/propionsyrabehandling.

Hetta et al. [52] fann att tillsats av myrsyra resulterade i ensilage med en bra kemisk sammansättning och förbättrad nedbrytning av organiskt material i våmmen. Tillsats av 4 liter myrsyra/propionsyrablandning [52] resulterade i högre densitet, minskade andelen icke-protein-N av total-N, begränsade ensilagefermenteringen till mjölksyra och ättiksyra, minskade NH_3 -N-värden, ökade etanolfermenteringen och ökade ensilagens ts-intag. Det fanns endast en svag effekt på minskningen av ts-förluster, den aeroba stabiliteten förbättrades endast i balar och ingen effekt på klostridier observerades. I en annan studie gav tillsats av myrsyra, propionsyra och bensoesyra [9] en avsevärd förbättring av ensilagekvaliteten från en gröda som var kontaminerad med *A. vulgaris*. Å andra sidan resulterade tillsats av 4 liter myrsyra i en klöver-gräsblandning med låg torrsubstans i otillräcklig minskning av klostridieaktiviteten [55]. Nackdelarna med att använda myrsyrabaserade tillsatser är deras frätande effekt på maskiner och skadliga effekter på personer som hanterar syran. Randby [56] visade att de lätthanterliga myrsyrablandningarna med ammoniak eller med ättiksyra och koklut från trämassaprocesser har potential att resultera i en liknande ensileringseffekt som myrsyra, men att högre doser krävdes: 4 och 7,3 l/ton buffrade tillsatser skulle motsvara 3 l/ton myrsyra.

En annan grupp av kemiska tillsatser med selektivt mikrobiellt hämmande egenskaper har testats i stor omfattning. Dessa är saltblandningar av organiska syror som bensoat, sorbat och propionat, ofta blandade med nitrit och/eller hexametylentetramin. Dessa blandningar eliminerar oönskad klostridie- och svampaktivitet under ensileringen. En serie studier utförda av Knicky och Spörndly [57, 58] visade i laboratorieskala att en blandning av natriumbensoat, kaliumsorbitat och natriumnitrit i en mängd av 5 liter/ton var effektiv för att förbättra ensilagekvaliteten genom att eliminera klostridieaktivitet och öka den aeroba stabiliteten i behandlat ensilage från en mängd olika grödor och med en ts-halt på mellan 15 och 45%. Det är känt att den antiklostridiella effekten i denna blandning utförs av natriumnitrit, och dess höga antiklostridiella egenskaper verifierades av König et al. [55] och Gismervik et al. [8]. Liknande antimykotiska och antiklostridieegenskaper för att förbättra ensilagekvaliteten och den aeroba stabiliteten visades av en blandning innehållande natriumnitrit, hexametylentetramin och kaliumsorbitat i doserna 2,0–2,5 l/ton och en blandning av natriumnitrit, natriumbensoat och natriumpropionat i dosen 2 l/ton, när de applicerades på gräs med en ts-halt på 23–40 % [46]. Den förbättrade aeroba stabiliteten resulterade i förbättrad smältbarhet av organiskt material i gräsenilaget

jämfört med det obehandlade kontrollensilaget. Knicky och Lingvall [59] testade en mängd olika kombinationer av natriumbensoat, natriumnitrit, hexametylentetramin, natriumpropionat, natriumbisulfit och propionsyra i mängder på 2–4,5 l/ton på en blandning av rödklöver och timotej vid 30 och 60 % ts. Ensilerings tillsatserna förbättrade fermenteringen, minskade klostriedie-tillväxten och ts-förlusterna samt förbättrade den aeroba stabiliteten, med undantag för en blandning av 2 l/ton natriumbensoat och natriumbisulfit.

Under ensileringsprocessen bildas ett stort antal gaser. Gasbildningen är oönskad eftersom den ofta är ett tecken på oönskade processer i ensilaget, vilket leder till ökade ts-förluster, och dessutom ger den upphov till oro för påverkan på den globala miljön. Bildningen av CO₂ är den mest förekommande under ensileringsprocessen. Processer där CO₂ uppstår som en biprodukt är mindre effektiva när det gäller att omvandla substrat till huvudsakliga fermentationsprodukter, vilket leder till högre ensileringsförluster. Förutom CO₂ sker oönskad bildning av flyktiga organiska föreningar (VOC) under fermenteringen. Endast en studie har genomförts inom detta område. Knicky et al [60] försökte uppskatta den totala bildningen av VOC i Sverige från ensilageproduktion. De fann att ensilering av klöver-gräsfoder med 32% ts-halt resulterade i högre VOC-utsläpp än från ensilage med 53% ts-halt. Etanol och metylacetat bidrog främst till VOC-utsläppen från båda ensilagen.

Proteolys är en oönskad process under ensilering och att minska den är en viktig aspekt av ensileringsmedlens effektivitet. Det finns dock få studier av hur effektiva olika tillsatser är för att minska proteolysen under fermenteringen. Nadeau et al [61] rapporterade att råproteinfraktionerna förbättrades i gräsenilage som behandlats med syrabaserad tillsats (3 l/t), saltbaserad tillsats (2 l/t) och en blandning av homo- och heterofermentativa mjölksyrabakterier (2×10^5 cfu/g). Denna studie bekräftade tidigare resultat av Slottner och Bertilsson [32], att både kemiska och biologiska tillsatser kan minska proteolysen. Sousa et al [16] fick däremot en förbättrad proteinkvalitet i ensilage som endast behandlats med myrsyra/propionsyra-baserad tillsats, men inte med homofermentativa mjölksyrabakterier, när en lusern/vitklöverblandning ensilerades.

3.1.7 Modeller för att förutsäga ensilagekvalitet

Det har rått viss osäkerhet om vad som händer med vissa näringsämnen i grödan, främst kolhydratfraktioner, under ensileringsprocessen, vilket kan påverka det beräknade fodervärdet i ett ensilage. En bättre bestämning av påverkan av en grödas komponenter under ensileringsprocessen kan bidra till att förbättra uppskattningen av ensilagens fodervärde samt dess förutsägelse från sammansättningen av en färsk gröda. Kasmaei et al [62] utvärderade en prediktionsmodell för ensilagekvalitet baserad på tillgängliga kemiska och mikrobiella egenskaper hos variabler för färsk

gröda, men dessa hade begränsat förklaringsvärde. De bästa ekvationerna erhöles för ättiksyra i ensilage av fleråriga vallfoder samt för mjölksyra och etanol. Koncentrationerna av ts och råprotein (CP) i fleråriga vallfoder hade de starkaste effekterna på fermenteringsprodukterna. Udén [63] undersökte vad som hände med de viktigaste grödkomponenterna under ensilagefermenteringen för att kunna använda detta för att förutsäga ensilagens sammansättning. Han fann att halterna av aska, aNDFom, råfett och CP var till nära 100% opåverkade efter ensilering och kan förutsägas ganska väl från analyser av grönmassan. Andra ämnen, som stärkelse (81% opåverkat), CPndf (62% opåverkat), organiska syror (65% opåverkat) och pektin (64% opåverkat) indikerar att inte bara WSC (29% opåverkat) som huvudsubstrat metaboliseras under ensilering, vilket gör dem svårare att använda i förutsägelser. I en annan studie fokuserade Udén [64] närmare på ödet för enskilda organiska växtsyror i foder under ensileringsfermentering och fann att de minskade med 38–56%, med undantag för oxalsyra, som inte påverkades, och bärnstenssyra, som ökade >7-faldigt.

3.1.8 Ensilering med tillsatser - effekter på våmfermentering och idisslarproduktion

För att utvärdera de ekonomiska fördelarna med att använda ensilerings tillsatser, utöver minskad proteolys och minskade ts-förluster under lagring och utfodring, har ett begränsat antal utfodringsförsök utförts. Jaakkola et al [65] studerade doseringen av 100 % myrsyra (0, 2, 4 och 6 l/t) på fermenteringskvaliteten hos timotej/ängssvingelensilage med 27 % ts. De fann att ökad dosering av myrsyra begränsade ensilagefermenteringen på ett kurvlinjärt sätt, med minskade fermenteringssyror, ökad WSC och minskad NH₃ -N. Dessa fermenteringsegenskaper resulterade i högre mjölkavkastning och proteinavkastning hos mjölkkor som utfodrades med ensilage behandlat med 6 liter myrsyra per ton. Restriktivt fermenterat ensilage är således mer begränsat i glukosprekursorer (propionsyra) och korna drar större nytta av propylenglykol än de som har extensivt fermenterat ensilage [65]. Vidare använde Jaakkola et al [66] samma behandling på direktskördat timotej/ängssvingelensilage (18 % ts) och observerade ett ökat flöde av total-N i tolvfingertarmen med ökad dosering av myrsyra, vilket resulterade i ökad mikrobiell proteinsyntes i våmmen med ökad dosering och ett effektivare N-utnyttjande hos unga tjurar. Dessutom ökade andelen butyrat i våmmen med ökad dosering av myrsyra [66]. På samma sätt visade Nadeau et al [67] högre avkastning av mjölk och energikorrigerad mjölk (ECM), utan någon effekt på ts-intaget, för foderstater som innehöll gräsenilage behandlat med saltbaserad tillsats eller en ymp jämfört med kontrollfoderstaten, när foderstaterna var formulerade för en låg andel onedbrytbart protein i våmmen. I en jämförelse mellan myrsyrabaserad tillsats (5,4 l/t) och *Lb. plantarum* (10⁶ cfu/g foder) till timotej/ängssvingelensilage rapporterade Saarisalo et al. [68] att båda

tillsatserna förbättrade ensilagefermenteringen jämfört med kontrollen. Myrsyrabehandlat ensilage hade mer WSC än ympmedlet, vilket gav en större andel acetat i våmmen, vilket behövs för syntesen av mjölkfett. Högre mjölksyrabildning i ensilage som behandlats med inokulant jämfört med ensilage som behandlats med myrsyra resulterade i en större andel propionat i våmmen hos mjölkkor, vilket är ett substrat för glukoneogenes. Ingen effekt på ts-intag, mjölkavkastning och ECM rapporterades av tillsatserna jämfört med den obehandlade kontrollen. Rinne et al [69] fann däremot liknande fermenteringsegenskaper mellan myrsyrabaserat (5 l/t) behandlat gräsenilage och ensilage behandlat med inokulatorer (*Lb. plantarum* och *Pediococcus pentosaceus* 10^5 cfu/g), vilket resulterade i endast små skillnader i fermenteringsprofilen i vommen. Myrsyrabehandlat ensilage gav högre ts-intag jämfört med LAB-behandlat ensilage, vilket inte ledde till högre mjölkavkastning. När vitamininnehållet i mjölken var i fokus fann Shingfield et al [21] högre betakaroteninnehåll i mjölk från ensilage som behandlats med en inokulant (5×10^5 mjölksyrabakterier/g enzym [cellulas och hemicellulas]) än med en myrsyrabaserad tillsats.

Ett fåtal studier har undersökt effekterna av ensileringstillsatser på växande nötkreatur. Huuskonen et al [70] gjorde ett utfodringsförsök med mjölkkrastjurar som utfodrades med timotejensilage (35–40% ts) med eller utan tillsatser. Tillsatserna var 3,4 kg/t av en saltbaserad tillsats innehållande natriumbensoat (200 g/kg), kaliumsorbat (100 g/kg) och natriumnitrit (50 g/kg) och 5,8 kg/t av ett medel innehållande myrsyra (589 g/kg), propionsyra (199 g/kg), ammoniumformiat (43 g/kg) och kaliumsorbat (25 g/kg). Ensilagen utfodrades som fullfoder med 60 % ensilage och 40 % korn av ts-intaget. Inga skillnader i ts-intag mellan kontroll och tillsatser hittades, men kontrollen hade större intag i början av studien när förstaskörd av timotejensilage utfodrades. Detta ledde till ett större intag av ME för kontrollensilage, vilket resulterade i högre levande viktökning för kontrollen jämfört med de behandlade ensilagen under den första fasen av studien och under hela försöket. Tjurar som utfodrades med det behandlade ensilaget hade högre hullpoäng jämfört med kontrollgruppen (5,1 vs. 4,8). Kontrollens ensilage var av god fermenteringskvalitet. I ett annat utfodringsförsök med tjurar jämförde Jatkauskas och Vrotniakiene [71, 72] kontrollensilage med ympningsbehandlat (*Lb. plantarum* och *P. acidilactici* och cellulas 10^6 cfu/g) och myrsyrabehandlat, 6 l/t, rödklöver/timotej/ängssvingelensilage (22 % ts). I ett 126-dagars utfodringsförsök, med tjurar med en initial levande vikt på 312 kg, hittades inga effekter av behandlingarna på ts-intag och levande viktökning. Båda behandlingarna minskade pH, smörsyra (0,2 vs 2,8 g/kg ts) och ättiksyra (10 vs 25 g/kg ts) och ökade mjölksyran jämfört med kontrollensilage, som hade fermenterats av klostridier. Syrabehandlat ensilage hade mer WSC än kontrollens. Båda de syrabehandlade ensilagen ökade den molära andelen propionsyra av den totala mängden VFA i våmmen och minskade förhållandet acetat:propionat jämfört med kontrollen.

Smältbarhet in vivo med hjälp av hammar visade större smältbarhet av ts (63,7 vs. 59,8 %) och OM (66,1 % vs. 62,2 %) för de behandlade ensilagen jämfört med kontrollensilaget [71, 72].

Rundbalsensilage av gräs/klöver som behandlats med syra- eller saltbaserade tillsatser jämfördes med obehandlat ensilage i en studie med tackor och lamm [73]. Det fanns inga behandlingseffekter på tackornas intag eller hullpoäng. Lamm födda av tackor som utfodrats med behandlat ensilage hade dock högre födelsevikt och levande viktökning fram till avvänjning än lamm vars mödrar utfodrats med obehandlat ensilage. Efter avvänjning hade lamm som utfodrats med behandlat ensilage ett högre intag av ts, men ingen effekt på levandeviktsökningen observerades.

3.1.9 Bioraffinering

I detta kapitel ges en kort översikt över utbytet vid bioraffinering på olika ämnen. Utbytet av ts och råprotein i fibermassa och pressaft varierar mellan olika växtarter, växternas mognadsstadium vid skörden och ts-halten i det färska eller ensilerade fodret [74, 75, 76]. Även utbytet av råproteinfraktionerna, som skiljer sig åt i löslighet och smältbarhet, till pressjuice och presskaka kan skilja sig åt mellan olika växtarter [77]. Nadeau et al [78] fann dessutom större skillnader i ts-, NDF-, CP- och CP-fraktioner mellan presskakan och råvaran när ensilage i stället för färskt gräs-/klöverfoder bioraffinerades. En metaanalys baserad på 19 studier från Finland som omfattade 43 ensilage (gräs, klöver eller en blandning av dem) visade att ensilagens ts-halt var den variabel som var mest korrelerad med vätskeutbytet och resulterade i de bästa modellförutsägelserna [79]. Försök på bioraffinaderiet vid Aarhus universitet har resulterat i 40% utbyte av det färska foderproteinets till ett proteinkoncentrat med 50% protein. Baljväxter ger den högsta proteinavkastningen i koncentrat, men detta kan bero på kvävegödslingen av gräsarten. Vitklöver och lusern ger hög råproteinavkastning i koncentrat men rödklöver ger den högsta proteinavkastningen per ha [75]. Trots låg WSC i massan verkar den kunna ensileras väl [80]. Utvinningen av pressaft kan förbättras genom att använda cellväggsnedbrytande enzymer som tillsatser till ensilaget. Rinne et al [50] visade en linjär minskning av NDF med ökande tillsats av cellulas/hemicellulas vid ensilering av timotej/ängssvingel, vilket resulterade i sockerproduktion som fermenterades vidare till mjölksyra. Det sänkta pH-värdet resulterade i lägre ammoniak-N-koncentration i ensilaget. Utbytet av ts-halt, CP och WSC i pressjuicen ökade med ökad enzymtillsats, vilket är fördelaktigt för bioraffinaderitillämpningar. Bioraffinering av foder är ett relativt nytt forskningsområde med stor potential, som måste undersökas i framtida vetenskapliga experiment, inklusive de miljömässiga och ekonomiska fördelarna för producenterna.

3.1.10 Slutsatser och kunskapsluckor

Det finns både växtfaktorer, såsom art och mognadsstadium vid skörd, och hanteringsfaktorer, såsom flytgödseltillförsel, förtorkning, skörde- och lagringsmetoder samt användning av rätt typ av ensileringsmedel för den gröda som ska ensileras, som påverkar ensilagekvaliteten och djurens prestanda. Därför är det viktigt att göra rätt från början, när man väljer fröblandning och i varje efterföljande steg fram till foderbordet. Detta kapitel har belyst vilken forskning som har gjorts hittills och det är uppenbart att vissa delar har undersökts mer än andra delar. När det gäller växtnäringsämnen är det viktigt att betona att gräs/baljväxtblandningar är de viktigaste proteinkällorna för idisslare. Det finns endast begränsad forskning om effekten av förtorkningsmetod och användning av ensileringsstillsatser för att förbättra ensilagens proteinkvalitet och djurens prestanda, när man formulerar foderstater med en hög andel vallfoderprotein. Det relativt nya forskningsområdet om grön bioraffinering av vallfoder för att producera pressjuice och proteinkoncentrat från vall uppvärderar proteininnehållet i vallfodret till samma nivå som för sojamjöl. Det finns mycket mer forskning att göra inom detta område när det gäller användning av vall i befintligt skick eller som bioraffinerad vall, som en klimatvänlig proteinkälla. Det saknas också forskning om antinutritionella komponenter i olika foderarter, t.ex. fytoöstrogener, hur dessa föreningar påverkas av förtorkning och ensilering och deras effekter på idisslarnas produktionsförmåga.

Eftersom nya tekniker för skörd utvecklas kontinuerligt måste dessa tekniker undersökas i framtiden. Hittills har endast begränsad forskning bedrivits inom detta område med fokus på ensilagekvalitet. Framtida forskning måste omfatta teknikernas effekter på djurens produktionsförmåga. Likaså måste effekterna av ensilagefermentering på våmfermentering och idisslarnas produktion undersökas mer ingående i framtiden, eftersom den forskning som hittills har gjorts har vissa motstridiga resultat.

Det saknas forskning om användningen av vallgrödor som är motståndskraftiga mot översvämningar och torka, vilket är ett ökande problem med det förändrade klimatet i Norden och Baltikum. Det finns ett behov av att utvärdera ensilagefermenteringsegenskaperna, den aeroba stabiliteten, näringsvärdet och djurens prestanda hos dessa vallgrödor. Dessutom behövs forskning om bildning av nitrösa gaser och flyktiga organiska föreningar under ensilering, eftersom forskningen hittills är mycket begränsad.

3.1.11 Referenser

1. Arvidsson, K., A-M Gustavsson, K. Martinsson, Fettsyror i vallfoder: En jämförelse av olika förbehandlingar före analys. Vetenskap och teknik för djurfoder, 2009. 151: p. 143-152
2. Arvidsson, K., K. Martinsson och A-M. Gustavsson, Fettsyrakoncentrationer i timotej (*Phleum pratense* L.) och ängssvingel (*Festuca pratensis* Huds.): Effekter

- av säsongsvariationer vid olika kvävegödslingsnivåer. *Acta Agriculturae Scandinavica, Sektion B - Jord- och växtvetenskap*, 2013. 63: p. 341-321.
3. Koivunen, E., et al., Effects of plant species, stage of maturity, and level of formic acid addition on lipolysis, lipid content, and fatty acid composition during ensiling. *Journal of Animal Science*, 2015. 93: p. 4408-4423.
 4. Lindqvist, H., E. Nadeau, and S.K. Jensen, Alpha-tocopherol and β -carotene in legume-grass mixtures as influenced by wilting, ensiling and type of silage additive. *Grass and Forage Science*, 2011. 67: p. 119-128.
 5. Sarelli, L., et al., Fytoöstrogeninnehåll i vitklöver och rödklöver: Effekter av tillväxtstadium och ensileringsmetod. *Acta Agriculturae Scandinavica, Sektion A - Djurvetenskap*, 2003. 53: p. 58-63.
 6. Müller, C.E., Influence of harvest date of primary growth on microbial flora of grass herbages and haylage, and on fermentation and aerobic stability of haylage conserved in laboratory silos. *Grass and Forage Science*, 2009. 64: p. 328-338.
 7. Schenk, J. och C.E. Müller, Mikrobiell sammansättning före och efter konservering av gräsdominerat hösilage skördat tidigt, mitt och sent på säsongen. *Journal of Equine Veterinary Science*, 2014. 34: p. 593-601.
 8. Gismervik, K., et al, Effekt av invasiva snigelpopulationer (*Arion vulgaris*) på gräsensilage. II: Mikrobiologisk kvalitet och fodersäkerhet. *Animal Feed Science and Technology*, 2015. 199: p. 20-28.
 9. Randby, A.T, et al, Effekt av invasiva snigelpopulationer (*Arion vulgaris*) på gräsensilage I. Fermenteringskvalitet, förluster i silon och aerob stabilitet. *Animal Feed Science and Technology*, 2015. 199: p. 10-19.
 10. Johansson, M., et al, Potentiella risker vid spridning av rötrester på gräsensilagegrödor - överlevnad av bakterier, mögel och virus. *Grass and Forage Science*, 2005. 60: p. 175-185.
 11. Müller, C.E., et al., Effekt av anaerob nedbrytningsrest kontra stallgödsel och oorganiskt gödselmedel på den hygieniska kvaliteten på ensilage och hösilage i balar. *Grass and Forage Science*, 2014. 69: p. 74-89.
 12. Pauly, T.M och W.A. Tham, Överlevnad av *Listeria monocytogenes* i förvildat och tillsatsbehandlat gräsensilage. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 2003. 44: p. 73-86.
 13. Gustavsson, S., Effekt av förtorkningsteknik och tillsatsmedel på ensilagekvalitet samt konsumtion och produktion hos mjölkkor. (Effekter av förtorkningsteknik och tillsatsmedel på ensilagekvalitet, konsumtion och produktion hos mjölkkor) Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, Sektionen för produktionssystem. Studentrapport 140, 2008. 59 sidor. På svenska med engelsk sammanfattning.
 14. Murphy, M., E. Nadeau och S. Gustavsson, 2009, Effekter av förviltningsteknik och tillsatsmedel på gräsensilagens kvalitet, intag och avkastning hos mjölkkor. I: *Proceedings of XVth International Silage Conference*, 27-29 juli 2009, Madison, WI, USA. pp. 423-424.

15. Spörndly, R., et al., Kvalitet och ekonomi för förviltat ensilage som görs genom bredspridning eller genom strängläggning. *Gräsmarksvetenskap i Europa*, 2008. 13: p. 645-647.
16. Sousa, D., et al., Effekter av vissning och ensilering med eller utan tillsats på proteinkvalitet och fermentering av en blandning av lusern och vitklöver. *Vetenskap och teknik för djurfoder*, 2019. 258: p. 114301.
17. Nadeau, E., et al., Proteinkvalitetsdynamik under vissning och konservering av gräs- och baljväxtfoder. I: *Proceedings of the XVI International Silage Conference*, 2-4 juli 2012, Hämeenlinna, Finland, s. 56-57.
18. Bakken, A.K., et al., Proteinegenskaper i gräs-klöverensilage beroende på vissningsgrad och fermenteringsmönster. *Grass and Forage Science*, 2016. 72: p. 626-639.
19. Steinshamn, H., S. Krizsan och L. Østrem, 2022. Effekt av skördefrekvens och vallart på ensilagens proteinvärde. *Proceedings of the 11th Nordic Feed Science Conference*, Uppsala, Sverige, 22-23 augusti, s. 95-97.
20. Kokkonen, T., M. Tuori och L. Syrjäla-Qvist, Effekt av torrsubstanshalt och tillskott av rapsmjöl på mjölkkor. 2. Rumenfermentation and digesta passage rate. *Animal Feed Science and Technology*, 2000. 84: p. 229-242.
21. Shingfield, K.J., et al, Effekt av foderkonserveringsmetod, kraftfodernivå och propylenglykol på fettsyrasammansättning och vitamininnehåll i komjolk. *Journal of Dairy Research*, 2005. 72: p. 349-361.
22. Halmemies-Beauchet-Filleau, A., et al., Effekt av konserveringsmetod för grovfoder och lipidmetabolism i våmmen och mikrobiell ekologi hos lakterande kor som utfodras med en foderstat som innehåller ett förhållande mellan grovfoder och koncentrat på 60:40. *Journal of Dairy Science*, 2013. 96: p. 2428-2447.
23. Bernes, G., K. P. Waller och S. K. Jensen. 2008. Hö och ensilage som vitaminkällor i ekologisk fårproduktion. *Grassland Science in Europe*, 2008. 13: p. 565-567.
24. Nadeau, E., Hallin, O., Auerbach, H., Jakobsson, J. och Arnesson, A. 2013. Kvaliteten på balat gräs-klöverensilage påverkas av tillsatsmedel och skördemetoder. I: *Proceedings of the 22nd International Grassland Congress*, Sydney, Australien, 15-19 september 2013, s. 744-745.
25. Nadeau, E., Arnesson, A. och Hallin, O. Vallskördeteknikens och tillsatsmedlens betydelse för ensilagens kvalitet. (Vallskördeteknik och tillsatsmedel - effekter på ensilagens kvalitet). *Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, Sektionen för produktionssystem*. 2014. Rapport 37, 42 sidor (På svenska med engelsk sammanfattning).
26. Lingvall, P. och M. Knicky, Precisionshackning eller rotorskärning och dess inverkan på ensileringskapacitet och ensilagejäsning. *Gräsmarksvetenskap i Europa*, 2008. 13: p. 666-668.
27. Nadeau, E., Arnesson, A. och Auerbach, H., 2012. Effekter av tillsatsmedel och partikelstorlek på fermenteringsegenskaper och aerob stabilitet hos gräsenilage.

- I: Proceedings of the XVI International Silage Conference, Hämeenlinna, Finland, 2-4 juli 2012, s. 380-381.
28. Nadeau, E. and Auerbach, H. Effects of particle size and chemical additives on fermentation and aerobic stability of grass-clover silage. Proceedings of the 5th Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden, 10-11 June, 2014, s. 19-24.
 29. Hamberg, M., Ensilagekvaliteten hos gräs- och rödklöverdominerade vallfoder påverkas av partikelstorlek och tillsatsmedel vid ensilering vid olika torrsubstanshalter. Sveriges lantbruksuniversitet, Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, Sektionen för produktionssystem. Examensarbete i husdjursvetenskap, 2021. 51 sidor.
 30. Müller, C.E. Långsträigt vs. skuret hösilage i balar - Effekter på fermentering, aerob lagringsstabilitet, hästars ätbeteende och egenskaper hos hästarnas träck. *Animal Feed Science and Technology*, 2009. 152: p. 307-321.
 31. Feng, L., et al, Ensilering av rörsvingel för biogasproduktion: Effekt av lagringstid, tillsatser och mekanisk förbehandling. *Energi för hållbar utveckling*, 2018. 47: p. 143-148.
 32. Slottner, D. och J. Bertilsson, Effekt av ensileringsteknik på proteinnedbrytning under ensilering. *Vetenskap och teknik för djurfoder*, 2006. 127: p. 101-111.
 33. Hansen, N.P., et al., Strimling av klövergräs före ensilering: Effects on feed intake, digestibility, and methane production in dairy cows (Effekter på foderintag, smältbarhet och metanproduktion hos mjölkkor). *Vetenskap och teknik för djurfoder*, 2021. 282: p. 115124.
 34. Samarasinghe, M.B., et al, Effekter av fragmentering på ensilagens densitet och fermenteringskvalitet. *Grass and Forage Science*, 2019. 74: p. 244-253.
 35. Randby, A.T. och A.K. Bakken, Bunkrar eller rundbalar: Förluster och ensilagekvalitet med eller utan syrabehandling av gräsgrödor med låg torrsubstans. *Vetenskap och teknik för djurfoder*, 2021. 275: p. 114868.
 36. Randby, A.T., H.N Halvorsen och A.K. Bakken, Losses and grass ensilage quality in bunker silos compacted by tractor versus wheel loader. *Animal Feed Science and Technology*, 2020. 266: p. 114523.
 37. Nadeau, E., Arnesson, A. och Bengtsson, A. Undersökning av klostidiesporer i svenska mjölkobesättningar. I: 14th International Symposium Forage Conservation, 17-19 mars 2010. Brno, Tjeckien, s. 80-82.
 38. Müller, C.E., T.M. Pauly och P. Udén, 2007. Lagring av ensilage och hösilage i småbalar - lagringsperiodens inverkan på fermenteringsvariabler och mikrobiell sammansättning. *Grass and Forage Science*, 2007. 62(3): p. 274-283.
 39. Müller, C.E. och A. Johansen, Rebalancing of silage and haylage and its effects on forage microbial and chemical composition - A pilot study. *Grass and Forage Science*, 2020. 75: p. 216-226.
 40. Venslovas, E., et al., Förekomsten av mykotoxiner och deras förhållande till näringssammansättningen i majs- och gräsensilage. *Zemdirbyste-Agriculture*, 2021. 108: p. 147-152.
 41. Spörndly, R. och R. Nylund, Net replacement film in round bale ensiling of ley crops. *Grassland Science in Europe*, 2016. 21: p. 284-286.

42. Saarisalo, E., et al., Effect of lactic acid bacteria inoculants, formic acid, potassium sorbate and sodium benzoate on fermentation quality and aerobic stability of wilted grass silage. *Jordbruks- och livsmedelsvetenskap*, 2006. 15: p. 185-199.
43. Saarisalo, E., et al., Screening and selection of lactic acid bacteria strains suitable for ensiling grass. *Journal of Applied Microbiology*, 2007. 102: p. 327-336.
44. Seppälä, A., et al., Effekter av tillsatser på fermentering och aerob stabilitet hos gräsensilage och totalblandade rationer. *Grass and Forage Science*, 2016. 71: p. 458-471.
45. Jatkauskas, J., et al, The effects of three silage inoculants on aerobic stability in grass, clover-grass, lucerne and maize silages. *Agricultural and Food Science*, 2013. 22: p. 137-144.
46. Jatkauskas, J., V. Vrotniakiene och A. Lanckriet, The effect of different types of inoculants on the characteristics of alfalfa, ryegrass and red clover/ryegrass/timothy silage. *Zemdirbyste-Agriculture*, 2015. 102: p. 95-102.
47. Stoškus, R., et al., The effect of mixed bacterial inoculant on the microbial population and aerobic stability of lucerne and maize balage. *Journal of Animal and Feed Science*, 2019. 28: p. 383-391.
48. Auerbach, H., and E. Nadeau, Effects of additive type on fermentation and aerobic stability and its interaction with air exposure on silage nutritive value. *Agronomi*, 2020. 10: 1229; <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy10091229>
49. Jatkauskas, J., and V. Vrotniakiene, Evaluation of fermentation parameters, microbiological composition and aerobic stability of grass and whole crop maize silages treated with microbial inoculants. *Zemdirbyste-Agriculture*, 2013. 100: p. 143-150.
50. Rinne, M., et al., Fibrolytiska enzymbehandlingar före ensilering ökade pressjuice- och råproteinutbytet från gräsensilage. *Bioresource Technology*, 2020. 299: p. 122572
51. Dehghani, M.R., et al., Effekt av enzymtillsats till foder vid ensilering på ensilagens kemiska sammansättning och NDF-nedbrytningsegenskaper. *Livestock Science*, 2012. 150: p. 51-58.
52. Hetta, M., et al., The effect of additives in silages of pure timothy and timothy mixed with red clover on chemical composition and in vitro rumen fermentation characteristics. *Grass and Forage Science*, 2003. 58: p. 249-257.
53. Kasmaei, K.M., et al., Påverkar glukos avförestningen av metylferulat av *Lactobacillus buchneri*? *Microbiologyopen*, 2020. 9: s. e971.
54. Randby, A.T. och A.K. Bakken, Effekt av syrabaserad tillsatsbehandling av gräsgrödor med låg torrsubstans på förluster och ensilagekvalitet i bunkersilos. *Animal Feed Science and Technology*, 2021. 275: p. 114869.
55. König, W., et al., Effekter av natriumnitritbehandling på jäsningskvaliteten hos rödklöver-gräsensilage skördat vid två torrsubstanshalter och inokulerat med klostridier. *Lantbruks- och livsmedelsvetenskap*, 2019. 28: p. 55-164.

56. Randby, A.T., The effect of some acid-based additives applied to wet grass crops under various ensiling conditions. *Grass and Forage Science*, 2000. 55: p. 289-299.
57. Knicky, M. och R. Spörndly, Sodium benzoate, potassium sorbate and sodium nitrite as silage additives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2009. 89: p. 2659-2667.
58. Knicky, M. och Spörndly, kort meddelande: Användning av en blandning av natriumnitrit, natriumbensoat och kaliumsorbat i aerobt utmanade ensilage. *Journal of Dairy Science*, 2015. 98: p. 5729-5734.
59. Knicky, M. och P. Lingvall, Ensilering av högvuxen gräs-klöverblandning genom användning av olika tillsatser för att förbättra kvaliteten. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A - Animal Science*, 2004. 54: p. 197-205.
60. Knicky, M., R. Spörndly, och H. Gonda, Uppskattning av VOC-utsläpp från ensilage i Sverige. In: *Proceedings of the 10th Nordic Feed Science Conference*, Uppsala, Sverige, 2019, s. 154-157.
61. Nadeau, E., Sousa, D.O. och Auerbach, H. Foderproteinkvalitet som påverkas av vissning, ensilering och användning av ensileringstillsatser. *Proceedings of the 10th Nordic Feed Science Conference*, Uppsala, Sverige, 2019, s. 28-33.
62. Kasmaei, K.M., et al., Prediktionsmodeller för ensilagefermenteringsprodukter på grödans sammansättning under strikt anaeroba förhållanden: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 2013. 96: p. 6644-6649.
63. Udén, P. Färska och ensilerade foderväxter - total sammansättning, ensileringsförluster och förutsägelse av ensilagens sammansättning från grödan. *Gräs och fodervetenskap*, 2018. 73: p. 420-431.
64. Udén, P. 2018. Organiska växtsyror i färska och ensilerade foderväxter. *Vetenskap om gräs och foder*, 2018. 73: p. 583-587.
65. Jaakkola, S., et al., Effekter på mjölkproduktionen av att begränsa fermenteringen av ensilage med myrsyra. *Lantbruks- och livsmedelsvetenskap*, 2006. 15: p. 200-218.
66. Jaakkola, S., V. Kaunisto och P. Huhtanen, Volatile fatty acid proportions and microbial protein synthesis in the rumen of cattle receiving grass silage ensiled with different rates of formic acid. *Grass and Forage Science*, 2006. 61: p. 282-292.
67. Nadeau, E., et al., Proteinkvaliteten hos gräsensilage påverkas av ensileringstillsatser och dess effekter på mjölkornas prestation. *Journal of Animal Science*, 2015. 93(Suppl. s3): s. 206
68. Saarisalo, E., E. Skyttä och S. Jaakkola, Effects of wilted grass silages varying in fermentation quality on rumen fermentation of dairy cows. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 2004. 13(Suppl. 1): s. 199-202.
69. Rinne, M., et al., Effects of grass silage additive type and barley grain preservation method on rumen fermentation, microbial community and milk production of dairy cows. *Agriculture*, 2022. 12: p. 266.
70. Huuskonen, A., A. Seppälä, and M. Rinne, Effects of silage additives on intake, live-weight gain and carcass traits of growing and finishing dairy bulls fed pre-

- wilted grass silage and barley grain-based ration. *Journal of Agricultural Science*, 2017. 155: p. 1342-1352.
71. Jatkauskas, J. och V. Vrotniakienė, The effects of the forage preservation methods on fermentation parameters in ruminal fluid of fattening bulls. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 2004. 13(Suppl. 1): s. 107-110.
 72. Jatkauskas, J. och V. Vrotniakienė, Effects of silage fermentation quality on ruminal fluid parameters. *Biologija*, 2006. 4: p. 65-71.
 73. Nadeau, E., och A. Arnesson, Intag och prestation hos tackor och lamm som utfodrats med klöverensilage behandlat med kemiska tillsatser. *Grassland Science in Europe*, 2016. 21: p. 479-481.
 74. Santamaria-Fernández, M., et al., Demonstrationsskalig proteinåtervinning genom mjölksyrarjäsning från gräsklöver - ett enskilt fall av produktion av proteinkoncentrat och presskaka ensilage för djurfoderförsök. *Biobränslen, bioprodukter och bioraffinering*, 2019. 13: p. 502-513.
 75. Santamaría-Fernández, M., N.K. Ytting, and M. Lübeck, Influence of the development stage of perennial forage crops for the recovery yields of extractable proteins using lactic acid fermentation. *Journal of Cleaner Production*, 2019. 218: p. 1055-1064.
 76. Jørgensen, U., S.K. Jensen och M. Ambye-Jensen, Coupling the benefits of grassland crops and green biorefining to produce protein, materials and services for the green transition. *Grass and Forage Science*, 2022. 77: p. 295-306.
 77. Thers, H., et al., Linking protein quality in biorefinery output to forage crop crude protein input via Cornell Net Carbohydrate and Protein System. *Tillämpad biokemi och bioteknik*, 2021. 193: p. 2471-2482.
 78. Nadeau, E., F. Dahlström och D. Sousa, 2022. Fodervärde av massa från färskt och ensilerat vallfoder av gräs och klöver. *Gräsmarksvetenskap i Europa*, 2022. 27: p. 231-234.
 79. Franco, M., et al, Grass silage for biorefinery - A meta-analysis of silage factors affecting liquid-solid separation. *Grass and Forage Science*, 2019. 74: p. 218-230.
 80. Hansen N.P., et al., Effekt av skruvpressning och återväxtdagar på gräsensilagens egenskaper och kvalitet. *Gräsmarksvetenskap i Europa*, 2020. 25: 620-622.

4. Fodervärde för djur

4.1 Mjölkkor

Dannylo Sousa, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd, SLU

Katarina Arvidsson Segerkvist, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd, SLU

Elisabet Nadeau, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd, SLU

4.1.1 Utvecklingsstadium vid skörd

I de nordiska länderna utgör vanligtvis gräsensilage merparten av mjölkkornas foderstat. Detta på grund av dess relativt låga produktionskostnad och höga näringsvärde och utfodringsvärde för mjölkkor, särskilt när det produceras i ett tidigt utvecklingsstadium. Utvecklingsstadium vid skörd kan vara den viktigaste faktorn som påverkar näringsvärdet i gräsensilage på grund av dess effekt på smältbarheten, eftersom lignifieringen av fiber ökar med senare utvecklingsstadium, vilket leder till minskad smältbarhet. Skörd av gräs till ensilage i ett tidigt utvecklingsstadium förväntas resultera i ensilage med en hög koncentration av energi och råprotein (CP), vilket ökar energiintaget och produktionen. Foderintaget beror både på fodrets fysiska egenskaper och kemiska sammansättning och påverkas därför både av smältbarheten och hur snabbt fodret passerar våmmen.

Rinne et al. [1] utvärderade effekten av utvecklingsstadium hos gräs på produktionen hos finska Ayrshire-kor. Fyra ensilage skördades med 1 veckas intervall från som förstaskörd av en timotej-ängssvingelvall den 13 juni, 21 juni, 28 juni och 4 juli 1994. Korna hade tillgång till ensilagen ad libitum och fick en fast mängd kraftfoder per dag som tillskott. Ensilagets innehåll av neutral detergentfiber (NDF) och osmältbar NDF (iNDF) ökade och kornas ts-intag, mjölkavkastning (MY) och energikorrigerad mjölk (ECM) minskade i takt med att senare utvecklingsstadium, särskilt efter det andra skördedatumet. Eftersom foderstaterna var utformade för att innehålla samma mängd kraftfoder, oavsett ensilagets kemiska sammansättning, styrdes intag och mjölkproduktion av foderstaternas

sammansättning. Foderstater som innehöll ensilage med lägre NDF-innehåll (första och andra skördetillfällena) resulterade i kor med högre foderintag och mjölkproduktion. På liknande sätt utvärderade Randby et al. [2] timotejdominerade vallar som skördades för ensilage vid mycket tidig, tidig och normal mognad vid första skörd. Ensilage utfodrades ad libitum med en fast mängd kraftfoder till norska röda mjölkkor och författarna observerade att ts-intaget, mjölkavkastning och ECM minskade linjärt med stigande utvecklingsstadium.

I takt med att utvecklingen fortskrider ackumuleras fiberkomponenterna, vilket påverkar foderintag och produktion negativt. Sousa et al. [3] utvärderade effekten av tidigt och mycket tidigt utvecklingsstadium av rörsvingel och timotej som skördades med sex dagars intervall (25 maj och 31 maj) på mjölkornas produktion. Foderstaterna var sammansatta för att ha samma förhållande mellan grovfoder och kraftfoder (49:51) och erbjöds som fullfoder (TMR) till svenska kor av raserna Holstein och SRB. Författarna drog slutsatsen att skörd av rörsvingel eller timotej i tidigt eller mycket tidigt mognadsstadium inte påverkade mjölkornas ts-intag, MY och ECM. Sousa et al. använde samma gräsarter. [4] och utvärderade effekten av normalt och sent skördedatum för rörsvingel och timotej under den första återväxten- på mjölkornas produktion. Foderstaterna hade samma förhållande mellan grovfoder och kraftfoder (46:54) och gavs som fullfoder (TMR) till kor av raserna Holstein och SRB. Författarna drog slutsatsen att intaget av ts var större i den foderstat som hade lägst innehåll av NDF och att utvecklingsstadiet vid skörd inte påverkade mjölkproduktionen.

Adler et al. [5] skördade gräs/klöver för ensilage vid tidigt och normalt skördedatum och utfodrade det till norska röda mjölkkor i foderstater som innehöll grovfoder/kraftfoder i förhållanden på 60:40 eller 90:10. Författarna konstaterade att tidig skörd resulterade i lägre avkastning (2,17 ton ts/ha) jämfört med normal skörd (4,66 ton ts/ha) och att det inte fanns någon skillnad mellan behandlingarna vad gäller ts-intag, mjölkavkastning och ECM. En vanlig metod vid utvärdering av grovfoder till idisslare är att använda så hög andel grovfoder i foderstaten som möjligt, eftersom man tror att mer grovfoder i foderstaten ökar chansen att se en signifikant effekt. Foderstater med hög andel grovfoder ökar dock retentionstiden i vommen och ökar därmed graden av nedbrytning av foder i vommen. Därför kommer foder av hög och låg kvalitet sannolikt att ha liknande nedbrytning på grund av den längre tiden i vommen. Å andra sidan kommer den lägsta möjliga andelen grovfoder i foderstaten att öka passagehastigheten i vommen, vilket ökar chanserna för att grovfoder av högre kvalitet ska smältas i större utsträckning än grovfoder av lägre kvalitet på grund av den kortare uppehållstiden i vommen.

En förstaskörd av timotej skördades för ensilage vid tidigt och sent utvecklingsstadium med två veckors intervall och utfodrades till nordiska röda mjölkkor i två liknande studier [6, 7]. Tahir et al. [6] skördade den 12 och 26 juni 2008, och Pang et al. [8] den 17 juni och den 1 juli 2015. Foderstaterna utformades

så att de hade samma förhållande mellan grovfoder och kraftfoder, oavsett grovfodrets kemiska sammansättning. Innehållet av NDF var större i ensilage skördat i sent utvecklingsstadium och följaktligen observerade författarna att ts-intaget, mjölkavkastning och ECM var större för kor som utfodrades med ensilagebaserade foderstater med gräs med tidigt utvecklingsstadium jämfört med kor som utfodrades med ensilagebaserade foderstater med gräs i sent utvecklingsstadium. På samma sätt skördade Cabezas-Garcia et al. [9, 10] timotej-rödklöver för ensilage med två veckors mellanrum vid tidigt (10 juni) och sent (24 juni 2013) datum från en förstaårsvall och utfodrade nordiska röda mjölkkor. Försöksfodret var sammansatt för att uppfylla energi- och proteinbehovet, men NDF-innehållet var högre för kor som utfodrades med ensilage från tidig skörd jämfört med ensilage från sen skörd. På grund av det högre innehållet av NDF i fodret var ts-intaget lägre för kor som utfodrades med ensilage från tidig skörd jämfört med sen skörd. Eftersom dieterna innehöll samma koncentrationer av energi och protein fanns det dock ingen skillnad mellan behandlingarna avseende mjölkavkastning och ECM. Därmed var fodereffektiviteten (ECM/DMI) högre för kor som utfodrades med ensilage från tidig skörd.

Vanhatalo et al. [11] skördade förstaskörd av blandade timotej-ängssvingel- och rena rödklövervallar för ensilage vid tidiga och sena datum. Gräsen skördades den 17 juni (tidig axgång) och den 26 juni (axgång), och rödklövern skördades den 2 juli (innan blomning) respektive den 16 juli (tidig blomning). Ensilaget utfodrades ad libitum med en fast mängd kraftfoder till finska Ayrshire-kor. Författarna konstaterade att det inte fanns någon effekt av utvecklingsstadiet på ts-intag, mjölkavkastning och ECM hos kor som utfodrades med ensilage av rödklöver eller timotej-ängssvingel. Men, [12] jämförde gräs- och klöverensilage som skördats i tidiga och sena utvecklingsstadier under vår- och sommarsäsongen. De fyra behandlingarna skördades som en tidig förstaskörd (9 maj) på våren, en andraskörd med lång återväxt (22 juni, 42 d återväxt) på våren/försommaren, en tidig fjärdeskörd (7 augusti 2009, 17 d återväxt) på sommaren och en sen fjärdeskörd (23 augusti 2009, 33 d återväxt) på sommaren. Fodren gavs som fullfoder (TMR) i två olika förhållanden mellan grovfoder och kraftfoder (80:20 eller 50:50) till Holsteinkor. När förhållandet mellan grovfoder och kraftfoder var 80:20 var ts-intaget, mjölkavkastning och ECM mindre endast för kor som utfodrades med gräs- och klöverensilage som skördats under senvåren. Men när förhållandet mellan grovfoder och koncentrat var 50:50 visade kor som utfodrades med ensilage som var skördat i tidigt utvecklingsstadium större ts-intag, mjölkavkastning och ECM än kor som utfodrades med ensilage som var skördade i sent utvecklingsstadium oavsett säsong. Enligt författarna var skillnaden i ts-intag, mjölkavkastning och ECM mellan olika mognadsstadier relaterad till skillnader i fodrets smältbarhet.

4.1.2 Skördetidpunkt och utvecklingsstadium

De flesta studier som undersöker effekter av gräsets utvecklingsstadium på foderintag och mjölkproduktion har genomförts med ensilage från förstaskörd. En stor mängd ensilage av återväxtgräs används dock till mjölkkor och få studier under nordiska förhållanden har behandlat detta ämne. Gräs från första återväxten är vanligtvis bladigare, innehåller mindre strukturella kolhydrater men är mindre smältbart än motsvarande gräs från förstaskörden på grund av den högre andelen osmältbar NDF i cellväggen [13].

Så även om återväxten är samma växt som den förstaskörden är det ett helt annat material när det gäller dess kemiska sammansättning och därför bör den direkta jämförelsen mellan odlingar för djurfoder inte göras baserat på mängden grovfoder som ingår i kosten utan baserat på kostens kemiska sammansättning. Idisslarnas intag regleras främst av innehållet av fiber (NDF), stärkelse och vattenlösliga kolhydrater (WSC). Jämförelsen av grovfoder bör därför göras genom att foderstaterna formuleras enligt grovfodrets kemiska sammansättning, med målet att vara iso-NDF och iso-stärkelse för att grovfodret ska vara den enda skillnaden mellan behandlingarna.

Kuoppala et al. [13] jämförde ensilage som framställt av olika skördar och mognadsstadier på lakterande finska Ayrshire-kors produktionsförmåga. Ensilage gjordes från förstaskörden av en timotej-ängssvingelvall i tidiga och sena utvecklingsstadier. Därefter skördades återväxten av varje förstaskörd (tidig och sen) i tidiga och sena stadier, vilket resulterade i totalt sex ensilage enligt följande: Förstaskörd skördad tidigt (1) och sent (2), återväxt från tidig förstaskörd skördad tidigt (3) och sent (4), och återväxt från sen förstaskörd skördad tidigt (5) och sent (6). Ensilaget från förstaskörden skördades den 5 juni i tidigt (1) och den 17 juni i sent (2) utvecklingsstadium. Återväxtensilagen skördades den 29 juli vid tidiga (3 och 4) och den 12 augusti vid sena (5 och 6) tillväxtstadier.

Författarna observerade att ts-intag, mjölkavkastning och ECM var större för kor som utfodrades med ensilage från förstaskörd än från återväxt. När man jämförde båda återväxterna var ts-intaget, mjölkavkastning och ECM större för kor som utfodrades med sen återväxt jämfört med tidig återväxt. Effekten av utvecklingsstadiet var tydligare i förstaskördend, där gräs som skördats i tidigt utvecklingsstadiumv ökade intaget och mjölkproduktionen hos mjölkkena. Ensilage utfodrades dock ad libitum med en fast mängd kraftfoder. Eftersom återväxtensilaget hade ett högre innehåll av NDF varierade foderstaterna i fyllnadseffekt, vilket inte gav korna samma chans att äta foderstaterna lika mycket. Dessutom observerades det största NDF-innehållet i ensilaget med tidig återväxt, vilket också är det ensilage som resulterade i det lägsta ts-intaget, mjölkavkastning och ECM som observerades hos korna.

På samma sätt har Kuoppala et al. [14] jämfört förstaskörd och återväxt av timotej-ängssvingelensilage som skördats vid två utvecklingsstadier till lakterande

finska Ayrshire-kor. Även om ensilagen varierade i kemisk sammansättning utfodrades de ad libitum med en fast mängd kraftfoder. Författarna observerade att ts-intag, mjölkavkastning och ECM var större för kor som fick ensilage från förstaskörd jämfört med kor som fick ensilage från återväxt. När det gäller utvecklingsstadiet visade kor som utfodrades med ensilage som skördats tidigt större ts-intag, mjölkavkastning och ECM än kor som utfodrades med ensilage som skördats sent.

Khalili et al. [15] och Pang et al. [16] utvärderade effekterna av utfodring med gräsenilage skördat som förstaskörd eller återväxt på mjölkornas produktion. I båda studierna drogs slutsatsen att mjölkkor som utfodrades med gräsenilage från förstaskörd uppvisade större intag av ts, mjölkavkastning och ECM jämfört med kor som utfodrades med gräsenilage från återväxten. Å andra sidan visade Naadland et al. [17] när de utvärderade effekterna av att gradvis ersätta ekologiskt gräs- och klöverensilage från förstaskörd med återväxt på produktionen hos norska röda kor. Försöksbehandlingarna omfattade foderstater där ensilage från förstaskörd ersattes med ensilage från återväxt i proportionerna 0, 0,33, 0,67 och 1 på ts-basis. Författarna observerade att ts-intaget minskade linjärt med ersättningen av förstaskörd med återväxt, men mjölkavkastning och ECM var större när ensilage av förstaskörd och återväxt blandades (0,33 och 0,67) jämfört med ensilage av förstaskörd eller återväxt som utfodrades separat.

För att utvärdera effekten av ett system med tre skördar på foderkvalitet och mjölkproduktion, har Sairanen et al. [18] jämfört timotej-ängssvingelensilage som skördats vid förstaskörd, andraskörd och tredjeskörd på mjölkornas produktion. Studien upprepades tre gånger under olika år, som skiljde sig markant åt i väderförhållanden. Ensilagen utfodrades ad libitum med en fast mängd kraftfoder. Ensilagets kemiska sammansättning, intag och mjölkproduktion varierade kraftigt mellan åren, men totalt sett uppvisade kor som utfodrades med tredjeskörd den högsta fodereffektiviteten.

Senare har Pang et al. [7] jämfört andraskörd och tredjeskör med avseende på mjölkproduktion. Före skörden av försöksensilagen klipptes en vall med förstaskörd av timotej-rödklöver (80:20) tidigt och sent. Därefter skördades återväxten från den tidiga och sena förstaskörden vid tidiga och sena datum (vilket gav fyra återväxtensilage). Dessutom skördades en tredjeskörd från tidig andraskörd från den tidiga första skörden. De fem ensilagen utfodrades till lakterande nordiska röda kor. Författarna fann att den högsta fodereffektiviteten observerades hos kor som utfodrades med tredjeskörden, följt av den första andraskörden som skördats tidigt, och den lägsta fodereffektiviteten hos kor som fick ensilage från den andraskörden som skördats sent.

4.1.3 Vallarter

Vallar med hög ts-avkastning per hektar är viktiga för ett lönsamt mjölkproduktionssystem, men samtidigt behöver mjölkkor grovfoder som är mycket lättsmält och relativt proteinrikt för att klara laktationen. Avkastning och kvalitet hos olika gräs- och baljväxtarter är starkt beroende av genetiska och fenotypiska skillnader, jordtyper, geografiskt läge, väderförhållanden och jordbruksdrift. Därför är valet av arter viktigt för en optimal foderproduktion. Den experimentella jämförelsen av olika gräs- och klöverarter hos mjölkande kor är mycket begränsad på grund av dess komplexitet. Därför har endast ett fåtal studier som jämför gräs- och klöverarter med avseende på mjölkornas prestation genomförts under nordiska förhållanden.

Sousa et al. [4] jämförde två gräsarter (timotej och rörsvingel) som skördats vid normal eller sen mognad i den första återväxten och observerade att kor som utfodrades med timotejensilage uppvisade större mjölkavkastning och ECM än kor som utfodrades med rörsvingelensilage, oavsett utvecklingsstadium vid skörden. Men när timotej och rörsvingel skördades i mycket tidigt eller tidigt utvecklingsstadium i förstaskörd [3] var mjölkavkastningen liknande mellan arterna och det fanns en tendens till större ECM när korna fick timotej jämfört med rörsvingel.

Johansen et al. [19] undersökte hur ensilage från förstaskörd av olika gräs- och klöverarter påverkar intaget och mjölkproduktionen hos danska Holsteinkor. Åtta behandlingar utvärderades (fyra gräs, två klöver och två kombinationer av gräs och klöver). De gräs som odlades i monokulturer var: tidigt engelskt rajgräs, *festulolium braunii*, rörsvingel och sent engelskt rajgräs. Rörsvingel, *festulolium braunii* och hälften av det engelska rajgräset (tidigt engelskt rajgräs) skördades den 21 maj. Resten av det engelska rajgräset (sent rajgräs), rödklövern och vitklöver skördades den 3 juni. Utvecklingsstadiet vid skörden var stråskjutning med 1, 2 och 3 noder märkbara eller synliga för rörsvingel, tidigt engelskt rajgräs respektive *festulolium*, axgång med synliga ax för sent engelskt rajgräs och sent vegetativt stadium för rödklöver. Vitklöver befann sig i ett vegetativt stadium utan knoppar. Kombinationerna av gräs och klöver var: 50 % rödklöver:50 % sent engelskt rajgräs och 50 % vitklöver:50 % sent engelskt rajgräs. Foderintag och mjölkproduktion varierade kraftigt, så fodereffektivitet som korrelerar intag till mjölkproduktion är en bättre parameter för att utvärdera effekterna av behandlingarna. Författarna observerade att fodereffektiviteten var högre för kor som utfodrades med *festulolium*, engelskt rajgräs, 50 % vitklöver:50 % engelskt rajgräs och vitklöver jämfört med kor som fick rödklöver. Fodereffektiviteten hos kor som fick tidigt engelskt rajgräs, rörsvingel och 50 % rödklöver:50 % engelskt rajgräs skiljde sig inte heller mellan behandlingarna.

Det är dock viktigt att påpeka att foderstaterna inte justerades för att vara iso-NDF för att ge korna möjlighet att äta lika mycket. Foderstaterna var utformade för

att ha samma andel grovfoder i foderstaten (70 %), vilket resulterade i foderstater som varierade kraftigt i NDF-koncentration. Därmed reglerades kornas intag och mjölkproduktion baserat på foderstatens sammansättning och inte på det experimentella grovfodret. Steinshamn och Thuen [20] jämförde produktionen hos norska röda mjölkkor som utfodrades ensilage som innehöll en blandning av timotej, ängssvingel och engelskt rajgräs med vitklöver eller rödklöver i iso-NDF-foderstater. Författarna observerade att foderintag och mjölkproduktion inte påverkades av behandlingarna. Andelen gräs och klöver var i genomsnitt 65:35, och ensilage framställdes av andra- och tredjeskörd.

I en typisk mjölkfoderstat baserad på ensilage av gräs och klöver kan det finnas en obalans mellan kväve och energi, vilket leder till låg kväveeffektivitet. Därför testade Bertilsson et al. [21] om en ökning av sockerinnehållet i gräs skulle vara fördelaktigt för kväveeffektiviteten genom ökad mikrobiell aktivitet i våmmen, och eventuellt leda till högre mjölkproduktion. Författarna jämförde därför två rajgrässorter (standard vs. hög sockerhalt) som blandades med rödklöverensilage (75:25, ts-basis) och utfodrades ad libitum till SRB-kor. Författarna drog slutsatsen att varken ts-intag, mjölkavkastning eller ECM hos korna påverkades av rajgrässorterna i försöket.

4.1.4 Förhållande mellan gräs och baljväxter

Ensilage av gräs eller klöver är huvudingrediensen i foderstaten till mjölkkor. På grund av sin förmåga att binda kväve i atmosfären är klöver av stort värde i vallfoder, särskilt i ekologiska produktionssystem med låga insatser. På grund av de stigande kostnaderna för oorganiska kvävegödselmedel och försöken att minska miljöpåverkan från idisslande djur kan klöver dessutom vara fördelaktigt även i konventionella mjölkproduktionssystem. Detta bekräftas i studier som genomförts under nordiska förhållanden, där man utvärderat användningen av klöver som enda foder och i blandning med gräsensilage, och som visat på en potentiell fördel för mjölkornas produktion.

Vanhatalo et al. [22] utvärderade produktionen hos finska Ayrshirekor som utfodrades med en foderstat som innehöll ett förhållande mellan grovfoder och koncentrat på 60:40. Vallfodret bestod av antingen gräs- eller gräs-rödklöverensilage. Gräsensilaget bestod av 94 % ängssvingel och 6 % timotej och gräs-rödklöverensilaget bestod av 60 % gräs och 40 % rödklöver. Författarna observerade att det inte fanns någon skillnad i ts-intag mellan behandlingarna, men mjölkavkastning (18,4 vs. 17,2 kg/d) och ECM (19,6 vs. 18,5 kg/d) var större för kor som utfodrades med gräs-rödklöverensilage jämfört med kor som utfodrades med enbart gräsensilage. Enligt författarna hade kor som utfodrades med ensilage av gräs och rödklöver sannolikt ett bättre utnyttjande av näringsämnen i foderstaten.

Halmemies-Beauchet-Filleau m.fl. [23] utvärderade den gradvisa ersättningen av gräsenilage med rödklöverensilage i foderstaten till finska Ayrshirekor. Foderstaterna hade ett fast förhållande mellan grovfoder och kraftfoder på 60:40 och rödklöverensilage ersatte gräsenilage i ett gradvis förhållande på 0:100, 33:67, 67:33 och 100:0. Gräsenilaget bestod av en blandning av timotej och ängssvingel. Författarna observerade att ts-intag, mjölkavkastning och ECM var större för kor som fick en blandning av gräs- och rödklöverensilage, oavsett proportion (33:67 eller 67:33) jämfört med enbart något av fodren (gräsenilage eller rödklöverensilage).

På liknande sätt har Gidlund et al. [24] jämförde två ensilagebaserade foderblandningar med gräs och rödklöver som varierade i proportionerna mellan gräs och rödklöver. Gräsenilaget var en återväxt från en tvåårig vall med timotej och rödklöver (utsädesmängd 80:20) som skördades den 8 augusti 2012. Rödklöverensilaget kom från en förstaskörd och en återväxt av en ettårig ren rödklövervall som skördades den 6 juli, medan återväxten skördades den 15 augusti. Foderstaterna bestod av ett förhållande mellan gräs och rödklöver på 70:30 eller 30:70, där rödklöverandelen bestod av 50% från den förstaskörden och 50% från återväxten på ts-basis. Foderstaterna baserades på ett förhållande mellan grovfoder och kraftfoder på 60:40 och utfodrades till lakterande SRB-kor. Författarna observerade att ts-intag, mjölkavkastning och ECM inte påverkades av behandlingarna. Fodrets smältbarhet mättes inte i den aktuella studien, men den högre iNDF-koncentrationen i återväxt- än i förstaskördsrödklöverensilage (155 jämfört med 106 g/kg ts) tyder på lägre smältbarhet hos det förstnämnda.

Rödklöver är en dominerande vallbaljväxt i svala tempererade områden på grund av dess generellt högre avkastning jämfört med vitklöver, men under mindre gynnsamma tillväxtförhållanden har rödklöver och vitklöver en mer liknande avkastningspotential och vitklöver-gräsblandning tenderar att förbättra avkastningen över tid jämfört med rödklöver-gräsblandning [25], eftersom vitklöver kan vara mer uthållig och bättre anpassad till upprepade skördar än rödklöver. Ett fåtal studier har därför genomförts i tempererade områden för att utvärdera avkastningen hos mjölkkor som utfodras med vitklöver som enda foder och i blandning med gräs.

Bertilsson och Murphy [26] utvärderade produktionen hos SRB-kor som utfodrades med ensilage av engelskt rajgräs, rödklöver, vitklöver eller en blandning av gräs/rödklöver/vitklöver (50% gräs/50% klöver) ad libitum och en fast mängd kraftfoder (8 kg/d) under två på varandra följande år. Ensilage gjordes av monokulturer av engelskt rajgräs, rödklöver och vitklöver. Författarna observerade att ts-intag, mjölkavkastning och ECM var liknande mellan behandlingarna under båda åren av studien. Steinshamn och Thuen [20] jämförde ensilage av gräs och klöver på produktionen hos norska röda mjölkkor. Gräset bestod av en blandning av timotej, ängssvingel och engelskt rajgräs. Gräset odlades, skördades och

ensilerades med antingen vit- eller rödklöver. Författarna observerade ingen skillnad mellan kor som utfodrades med gräs-vitklöverensilage och gräs-rödklöverensilage avseende ts-intag, mjölkavkastning och ECM. Eriksson et al. [27] jämförde två ensilagebaserade foderstater som innehöll sent skördat engelskt rajgräs med antingen vitklöver eller kärringtand med avseende på produktion hos SRB-kor. Författarna drog slutsatsen att det inte fanns någon effekt av de i försöket förekommande ensilagen på ts-intag och ECM, men det fanns en tendens till större mjölkavkastning när korna fick rajgräs-kärringtandensilage jämfört med rajgräs-vitklöverensilage.

4.1.5 Förhållande mellan grovfoder och kraftfoder

Svenska konventionella mjölkkor utfodras med foderstater med ett genomsnittligt förhållande mellan grovfoder och kraftfoder på 50:50 under en stor del av laktationen, och användningen av foder med en hög koncentration av omsättbar energi och protein, såsom spannmål och proteinkoncentrat, är nödvändig för att tillgodose energi- och proteinbehovet, särskilt i tidig laktation. Att prioritera användningen av gräs- och gräs-/klöverensilage framför kraftfoder i foderstater till mjölkkor är viktigt av flera skäl. Vallar har högre kolbindning [28] och ger mer torrsubstans och protein per hektar än de flesta ettåriga grödor. Dessutom är gräs ofta billigt jämfört med andra grödor. Att begränsa användningen av inköpt kraftfoder till mjölkkor och ersätta det med hemodlat högkvalitativt vallfoder utan att kompromissa med mjölkproduktionen kan ge fördelar i både ekologiska och konventionella mjölksystem.

Patel et al. [29] utvärderade tre foderblandningar som alla bestod av mycket lättsmält ensilage (tidig första skörd av timotej och ängssvingel) och kraftfoder, men med olika proportioner mellan grovfoder och kraftfoder: 1) 50:50, 2) 70:30 och 3) 90:10 g/kg ts. Det totala ts-intaget skilde sig inte mellan behandlingarna, men mjölkavkastningen (kg/d) var högre i 50:50-dieten jämfört med 90:10-dieten, och med 70:30 däremellan (21,4, 19,0 respektive 19,9). Beräknat som kg ECM/d fanns det dock inga skillnader mellan foderstaterna, 22,5, 22,2 och 21,4 för 50:50, 70:30 respektive 90:10.

Patel et al. [29] använde SRB-kora för att utvärdera tre ensilagebaserade foderblandningar med olika proportioner mellan grovfoder och koncentrat. De tre foderstaterna bestod av samma foder: gräs- och klöverensilage och spannmålsbaserade kraftfoder, men förhållandet mellan grovfoder och koncentrat skilde sig åt (50:50, 70:30 eller 85:15). Ensilaget framställdes av vallar som dominerades av timotej, ängssvingel och rödklöver. Författarna observerade att ts-intaget inte skilde sig mellan behandlingarna, men att mjölkproduktionen påverkades negativt när andelen grovfoder ökade, där mjölkavkastningen var 31,1,

25,8 och 24,8 kg/d och ECM var 32,2, 28 och 26,6 kg/d för 50:50, 70:30 respektive 85:15 foderstater.

Som visas ovan verkar dock en grovfoderandel i foderstaten som är större än 70:30 äventyra mjölkproduktionen. I detta avseende har Patel et al. [30] ett försök med full laktation där man jämförde tre foderstater som skilde sig åt i den genomsnittliga andelen grovfoder i förhållande till koncentrat under laktationen (50:50, 60:40 eller 70:30). Foderstaterna var utformade för att representera en konventionell mjölkutfodring, en ekologisk produktion respektive en mer extrem produktion baserad på hög andel grovfoder. Ett högkvalitativt gräs-klöverensilage från vallar av timotej, ängssvingel och rödklöver skördades från förstaskörd i slutet av maj båda åren, när gräset hade nått utvecklingsstadiet för axgång. Författarna observerade att ts-intaget var liknande mellan behandlingarna (20,3, 20,4 och 19,9 kg i 50:50, 60:40 respektive 70:30) och ECM skilde sig inte mellan kor som utfodrades med foderstater som innehöll 50:50 eller 60:40 (31,3 respektive 31,1 kg ECM/d), men det var lägre när 70:30 utfodrades (29,2 kg ECM/d). En ökning av grovfoderandelen från 50 till 60 % av ts-intaget hade inga negativa effekter på mjölkproduktionen eller ts-intaget. Det är alltså möjligt att producera samma mängd mjölk med mycket mindre kraftfoder per ko på årsbasis. Den lägre användningen av kraftfoder i 60:40 jämfört med 50:50 ger fördelar i form av lägre beroende av inköpta fodermedel och minskar känsligheten för prisfluktuationer. Användningen av högkvalitativt gräs- och klöverensilage i foderstaten till mjölkkor har en betydande potential oavsett produktionssystem, ekologiskt eller konventionellt, vilket är avgörande i framtida produktionssystem för att klara konkurrensen om marken.

4.1.6 Ersätta gräsensilage med helsädesensilage

Flera studier utförda i Storbritannien har visat att delvis ersättagräsensilage med helsäd av spannmål inte påverkar mjölkproduktionen hos mjölkkor [31-33]. Under nordiska förhållanden har Ahvenjarvi et al. [34] undersökt effekterna av att gradvis ersätta gräsensilage med helsädesensilage av korn på foderintag och mjölkavkastning hos lakterande Ayrshirekor och observerade liknande resultat. I den här studien framställdes gräsensilage från en förstaskörd av timotej och ängssvingel eller helsäd av korn som skördades 82 dagar efter sådd och 27 dagar efter axgång i tidigt degstadium. Foderstaten baserades på gräsensilage som gradvis ersattes av helsädesensilage av korn. Andelen kornensilage i fodret justerades till 0, 0,20, 0,40 och 0,60 kg/kg ts som ersatte gräsensilaget. Författarna drog slutsatsen att ts-intaget inte skilde sig mellan behandlingarna men att mjölkavkastningen och fettkorrigerad mjölk (FCM) minskade linjärt när gräsensilaget ersattes med kornens helsädesensilage. Mjölkavkastningen var 33,2, 32,2, 31,4 och 30,9; FCM var 33,1,

33,2, 32,8 och 31 för kor som fick kornens helsädesensilage vid 0, 0,20, 0,40 respektive 0,60 kg/kg ts av ersättningsnivån.

Som ett alternativ till spannmål i helsäd utvärderades åkerböna i helsäd i ett försök att blanda med gräsensilage för utfodring av mjölkkor. Åkerböna är en ettårig baljväxt och dess smältbarhet i hela grödan och därmed energivärde är vanligtvis lägre än ett högkvalitativt gräsensilage, vilket förväntas minska energiintaget och därmed mjölkavkastningen hos mjölkkor. Om man däremot tillsätter åkerbönsensilage i rätt proportion har det resulterat i positiva effekter på foderintaget och mjölkproduktionen. Lamminen et al. [35] jämförde effekterna av gräsensilage och gräs-fåkerbönsensilage (50:50-förhållande) på mjölkornas produktion och författarna observerade att ts-intag, mjölkavkastning och ECM inte påverkades av behandlingarna. Å andra sidan, när gräsensilage blandades med helsädesensilage av åkerböna i förhållandet 75:25 [36] visade kor som utfodrades med ensilage av gräs och åkerböna större ts-intag, mjölkavkastning och ECM än kor som utfodrades med enbart gräsensilage.

4.1.7 Ensilage kontra hö

Mjölkfettet är i hög grad beroende av kornas ras. Det är välkänt att den svenska röda rasen (SRB) och finska Ayrshire har högre mjölkfetthalt jämfört med den amerikanska Holstein-rasen. Men även skötselmetoder som foderkonservering och foderstatens sammansättning kan påverka mjölkfetthalten. Murphy et al. [36] med SRB-mjölkkor jämförde foderstater som bestod av antingen hö eller ensilage med ett förhållande mellan grovfoder och koncentrat på antingen 30:70 eller 50:50. Både hö och ensilage skördades från samma fält och bestod av sena förstaskördsblandningar av timotej och ängssvingel. Höet skördades 5 dagar efter ensilaget. Författarna fann att ts-intaget var högre för kor som utfodrades med 50:50 grovfoderfoder-kraftfoderförhållande, och särskilt högre när korna fick hö jämfört med ensilage. Mjölk-, fettkorrigerad mjölk- (FCM) och fettavkastningen var dock generellt högre när korna fick ensilage istället för hö som foderkälla, oavsett förhållandet mellan grovfoder och koncentrat. Kor som utfodrades med ensilagebaserad foderstat producerade 0,8 kg/d mer mjölk, 0,9 kg/d mer FCM och 0,04 kg/d mer mjölkfett än kor som utfodrades med höbaserad foderstat.

Halmemies-Beauchet-Filleau m.fl. [37] [38] använde sig av lakterande finska Ayrshire-kor för att jämföra foderstater som varierade i foderkonserveringsmetod, såsom hö- eller ensilagebaserade foderstater, när de studerade effekten på intag och mjölkproduktion. Grovfodret framställdes av samma förstaskörd av timotej och ängssvingel den 15 juni 2005. Gräs som användes för produktion av hö förtorkades på fältet under en 4-dygnspanning till en slutlig ts-halt på 750 g/kg och balades och det gräs som användes för produktion av ensilage skördades med en slåtterkross, förtorkades på fältet i 3 till 4 timmar till en ts-halt på 235 g/kg, innan det samlades

in med en precisionshackskördare och ensilerades i plansilos. Författarna observerade att kor som fick ensilagebaserad foderstat uppvisade större ts-intag (+1,2 kg/d), mjölkavkastning (+2,7 kg/d), ECM (+2,6 kg/d) och mjölkfett (+0,13 kg/d) jämfört med kor som fick en höbaserad foderstat.

4.1.8 Kvävegödsling

Mjölkproduktion baserad på vallodling är beroende av kvävegödselmedel (N) för att ge tillräcklig mängd och proteinavkastning för att upprätthålla mjölkproduktionen på ekonomiskt attraktiva nivåer. Gödselmedel har traditionellt applicerats i mängder som motsvarar optimal ekonomisk foderprestanda snarare än på grundval av effektiviteten i djurens utnyttjande. Ensilering av kraftigt gödslade vallar kan ytterligare förvärra kväveutsläppen, eftersom en del av det protein som finns i gräsensilage bryts ned snabbt och i stor utsträckning i våmmen och utsöndras främst via urinen men även i avföringen, vilket leder till miljöproblem. Ett alternativ för att öka effektiviteten i kväveutnyttjandet i ensilagebaserade foderstater är att minska proteininnehållet i ensilerat gräs, antingen genom att senarelägga skörden eller begränsa användningen av N-gödsel. Ensilering av gräs i ett långt framskridet mognadsstadium är dock olämpligt för mjölkkor på grund av den samtidiga minskningen av det smältbara energiinnehållet som orsakas av lignifieringsprocessen. Däremot kan minskningar av vallens proteininnehåll genom minskad användning av N-gödselmedel förbättra effektiviteten och N-användningen utan att kompromissa med mjölkornas prestanda.

Två studier utvärderade effekterna av kvävegödsling på gräsvallar som används för ensilageproduktion på mjölkornas intag, mjölkproduktion och kväveutsöndring. I den första studien undersökte Shingfield et al. [39] jämfördes två ensilage som framställdes av förstaskörd av timotej- och ängssvingelvallar som gödslats med antingen 52 eller 104 kg N/ha. Gräsensilagen utfodrades till finska Ayrshire-kor och författarna drog slutsatsen att det inte fanns någon skillnad mellan behandlingarna när det gällde ts-intag, mjölkavkastning och ECM, men kor som utfodrades med gräsensilage gödslat med 104 kg N/ha utsöndrade mer kväve i mjölk, urin och träck än kor som utfodrades med gräsensilage gödslat med 52 kg N/ha. I den andra studien, Arvidsson et al. [40] utvärderades gräsensilage från första årets timotejvallar som gödslades med tre olika kvävenivåer (30, 90 och 120 kg N/ha). Gräsensilagen utfodrades till SRB-kor och författarna observerade en positiv effekt på ts-intaget när N-gödslingen ökade, men ingen effekt på mjölkavkastning eller ECM, så fodereffektiviteten var negativt relaterad till N-gödslingsdosen.

4.1.9 Förtorkning före ensilering

Förtorkning av vallfoder före ensilering har använts i stor utsträckning som ett sätt att förbättra ensilagens fermentering och kvalitet och även för att minska produktionen av avloppsvatten. Effekterna av förtorkat grovfoder på mjölkornas intag och prestation har dock varierat. Kokkonen et al. [41] utvärderade effekten av förvildning på prestationen hos mjölkkor av raserna Ayrshire och Holstein-Friesian. Gräsenilage tillverkades av andraskörd av timotej-ängssvingel och skördades med en precisionshackare antingen direkt efter att det slagits eller efter förtorkning över natten (i 16–20 timmar). Vädret var soligt och blåst utan regn. Båda ensilagen ensilerades i plasttäckta plansilos med myrsyra som konserveringsmedel. Ts-halten för direktskuret och förvuxet ensilage var 186 respektive 288 g/kg. Författarna observerade att ts-intaget var större och mjölmängden lägre för kor som utfodrades med förtorkat ensilage jämfört med kor som utfodrades med direktskördat ensilage, men ECM var likartad mellan behandlingarna.

På grund av de stora fördelarna för ensilagekvalitet och hygien har måttlig förtorkning etablerats som ett standardförfarande för ensilering och inga andra försök med mjölkkor har genomförts för att utvärdera om förtorkning ska göras eller inte. Senare genomfördes en studie under nordiska förhållanden, där man utvärderade graden av förtorkning och resultaten visade att förutom fermenteringsparametrarna påverkade inte graden av förtorkning mjölkornas produktion. Johansen et al. [42] utvärderade två grader av förtorkning på gräs-klöverensilage som innehöll engelskt rajgräs, hybridrajgräs, vitklöver och rödklöver. Vallarna av gräs-klöver förtorkades till cirka 350 eller 700 g/kg ts. Ensilagen utfodrades till danska Holstein-kor och författarna observerade att det inte fanns någon effekt på foderintag och mjölkproduktion.

4.1.10 Mekanisk bearbetning av vallfoder

Vall kan odlas och bearbetas mekaniskt genom ett bioraffinerings system för att lokalt producera foder, energi och gödningsmedel. Efter skruvpressning separeras vallväxterna i en proteinrik juice och en presskaka. Den flytande fasen kan användas som proteintillskott för enkelmagade djur och den presskakan kan vara lämplig som foder till idisslare. Både den flytande och den fasta fasen användas för att producera bioenergi i form av metan. Begreppet grön bioraffinering avser omvandling av färsk biomassa till mervärdesprodukter som leder till mer vallodling, vilket resulterar i mer kolbindning i områden med intensiv spannmålsodling, mindre beroende av import av proteinrikt foder och ytterligare synergier mellan jordbrukssektorer, t.ex. växtodling och djurhållning. Användningen av hemodlat proteinfoder är särskilt viktig inom ekologiskt jordbruk, där cirkulär bioekonomi är avgörande.

Fibermassan kan framställas av färskt grovfoder direkt efter skörd eller av ensilerat grovfoder. Det finns dock logistiska fördelar med att producera massa från ensilage istället för från färskt grovfoder eftersom mindre mängder ensilage kan bearbetas regelbundet på en mjölkgård. Alternativt kan massa från färskt grovfoder ensileras i rundbalar, som kan transporteras och användas under en lång period. Den mekaniska pressningen avlägsnar vätska och lösliga näringsämnen, vilket ökar fiberinnehållet och minskar massans näringsvärde jämfört med det ursprungliga fodret. Dessa skillnader måste beaktas vid foderstatssammansättning, särskilt vid utfodring av högproducerande mjölkkor, eftersom fodrets NDF-innehåll är den primära faktorn som begränsar intag och produktion när högproducerande mjölkkor i tidig till mitten av laktationen utfodras med grovfoderfoderbaserade foderstater.

Sousa et al. [43] utvärderade att helt ersätta ensilage med presskaka till mjölkkor. Författarna förväntade sig att den mekaniska processen med pressning av ensilaget skulle öka fibersmältbarheten hos presskakan jämfört med det ursprungliga ensilaget. Den högre fibersmältbarheten skulle också kunna kompensera för det ökade fiberinnehållet i den presskakebaserade foderstaten, vilket skulle resultera i en liknande mjölkavkastning hos mjölkkor som utfodrades med den ensilagebaserade foderstaten. Författarna drog dock slutsatsen att den mekaniska pressningsprocessen inte ökade fibersmältbarheten i presskakan, vilket innebär att helt ersätta av ensilage med presskaka minskade mjölkornas mjölkproduktion över tid.

Ett annat alternativ till att använda presskaka i foderstaten till mjölkkor är att delvis blanda det med ensilage. Savonen et al. [44] jämförde foderstater där 0,25 eller 0,50 (ts-basis) av ensilaget ersattes med presskaka med en foderstat som endast innehöll ensilage som foder. Författarna observerade att ersätta 50 % av ensilaget med presskaka inte påverkade ts-intaget eller mjölkavkastningen, men det fanns en tendens till lägre ECM jämfört med den ensilagebaserade dieten. När 25 % av ensilaget ersattes med presskaka rapporterades ingen skillnad i mjölkavkastning eller ECM, men foderintaget var större, vilket minskade fodereffektiviteten jämfört med den ensilagebaserade foderstaten. Författarna drog slutsatsen att prestationsminskningen ansågs vara ringa och att presskaka delvis kan ingå i foderstaten till mjölkkor om det medför en minskad foderkostnad.

Damborg et al. [45] jämförde foderintag och mjölkproduktion vid delvis inblandning av ensilerad gräsklöverpresskaka eller gräsklöverensilage i foderstaten till lakterande danska Holstein-kor. Gräs/klöver som innehöll 45% gräs och 55% klöver skördades och ensilerades antingen direkt eller skruvpressades för att producera presskaka före ensilering. Grönmassan och presskakan ensilerades i balar utan tillsatser. Författarna observerade att foderintaget inte påverkades av behandlingarna, men att kor som utfodrades med presskakebaserat foder visade högre mjölk- och ECM-avkastning och förbättrad fodereffektivitet jämfört med kor som utfodrades med ensilagebaserade foder. Det är dock viktigt att betona att

foderstaterna inte var iso-NDF och att klövergräset som användes för ensilering skördades 6 dagar efter det material som användes för att producera massa.

Hansen et al. [46] skördade en gräs/klöverblandning som innehöll engelskt rajgräs, festulolium, vitklöver och rödklöver i tidiga och sena mognadsstadier. Gräs/klöverna antingen ensilerades direkt eller hackades före ensileringen. De fyra behandlingarna gavs till förstakalvare av rasen Dansk Holstein som enda foder. Författarna observerade att det inte fanns någon effekt av mekanisk bearbetning på ts-intag, mjölkavkastning eller ECM. På liknande sätt konstaterade Rustas et al. [47] utvärderade också effekten av mognadsstadiet, men gräsenkilaget utfodrades antingen direkt till korna eller skruvpressades precis före utfodring av korna. Författarna observerade att den mekaniska bearbetningen ökade ts-intaget och mjölkavkastning hos SRB-kor.

4.1.11 Slutsatser och kunskapsluckor

De flesta studier som jämförde vallbaserade foderstater till mjölkkor under nordiska förhållanden utfördes med foderstater som innehöll samma förhållande mellan grovfoder och kraftfoder, oavsett grovfodrets kemiska sammansättning. Hur man utformar foderstaten beror på syftet med försöket. Men för att kunna utvärdera själva vallodlingen måste foderstaterna formuleras baserat på grovfodrets kemiska sammansättning för att ge korna samma chans att äta foderstaterna. Därför bör framtida forskning eller foderjämförelser på gårdsnivå formulera foderstater enligt den kemiska sammansättningen av varje foder, med målet att ha liknande kemisk sammansättning mellan foderstater.

När man jämför olika vallarter är det viktigt att komma ihåg att jämförelsen inte bara kan gälla kornas resultat utan också hela verksamhetens resultat. Arter med hög avkastning och låg näringskvalitet kommer att ingå i kornas foder på lägre nivåer och kräva mer kraftfoder, men å andra sidan kommer det att vara möjligt att utfodra fler kor per hektar vall. När en art med låg avkastning och sannolikt hög näringskvalitet används minskar dock beroendet av kraftfoder, men antalet kor som utfodras per hektar vall blir lägre. Framtida forskning bör därför fokusera på utvärdering av hela produktionssystemets prestanda och inte bara på kornas individuella prestanda. På grund av klimatförändringarna och de drastiska variationerna i väderförhållandena har vallproduktionen dessutom äventyrats, och kommer sannolikt att fortsätta att äventyras. Framtida forskning skulle därför kunna fokusera på att jämföra hur mjölkornas prestation påverkas av vallarter som är mer anpassade till perioder av torka och kraftiga regn.

Förhållandet mellan grovfoder och kraftfoder utvärderades av endast en grupp under nordiska förhållanden och det konstaterades att ett förhållande lika med eller större än 70:30 försämrar prestationen, men förhållanden mellan grovfoder och koncentrat på 50:50 eller 60:40 leder till liknande prestationsresultat, vilket

indikerar att det är möjligt att producera samma sak men med mindre koncentrat, vilket kan påverka lönsamheten i produktionssystemet. Effekterna av förhållandet mellan grovfoder och kraftfoder på mjölkornas prestation kommer dock att variera beroende på vallens kvalitet, så framtida forskning skulle kunna testa effekterna av förhållandet mellan grovfoder och kraftfoder på mjölkkor som utfodras med vallar av varierande kvalitet, t.ex. olika arter, utvecklingsstadier och antal skördar.

Bioraffinering av vall är ett nytt koncept som syftar till att utöka användningen av vall och ett fåtal studier har nyligen genomförts, men det saknas information om i vilken ordning det ska bearbetas innan korna utfodras. Vallfoder kan skördas, ensileras och bearbetas genom ett bioraffinaderi före utfodring eller ombalas för senare utfodring av korna, eller så kan det skördas, bearbetas genom ett bioraffinaderi och ensileras/lagras för senare utfodring. Det finns en driftsmässig fördel med ensilering före bearbetning; å andra sidan kan kvaliteten på den flytande fasen höjas om den färska vallen skruvpressas eller strimlas före lagring. Framtida forskning kan därför fokusera på att undersöka effekterna av att utfodra mjölkkor med bioraffinerat färskt eller ensilerat vallfoder.

4.1.12 Referenser

1. Rinne, M., P. Huhtanen och S. Jaakkola, Digestive processes of dairy cows fed ensilages harvested at four stages of grass maturity. *Journal of Animal Science*, 2002. 80(7): p. 1986-1998.
2. Randby, A.T., et al., Foderintag i tidig laktation och mjölkavkastning hos mjölkkor som erbjuds gräsensilage skördat i tidiga mognadsstadier. *Journal of Dairy Science*, 2012. 95(1): p. 304-317.
3. Sousa, D.O., et al. Effekt av tidigt eller mycket tidigt skördedatum för rörsvingel och timotej på mjölkors prestation. i EGF. 2020. Helsingfors, Finland: Naturresursinstitutet (Luke).
4. Sousa, D.O., et al., Effekter av skördedatum och gräsart på ensilagens cellväggskomponenter och mjölkors laktationsresultat. *Journal of Dairy Science*, 2021. 104(5): p. 5391-5404.
5. Adler, S.A. och A.T. Randby. Tidigt eller normalt skuret gräsensilage till mjölkkor i ekologiskt jordbruk. I 12th International Symposium of Forage Conservation, Brno, Tjeckien, 3-5 april 2006. 2006. Brno, Tjeckien: Universitetet för veterinärmedicin och farmaceutisk vetenskap.
6. Tahir, M.N., P. Lund, and M. Hetta, The effects of and interactions between the maturity of grass silage and concentrate starch source when offered as total mixed rations on the performance of dairy cows. *Animal*, 2013. 7(4): p. 580-590.
7. Pang, D.G., T.H. Yan, and S. Krizsan, Effect of strategy for harvesting regrowth grass silage on performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2021. 104(1): p. 367-380.

8. Pang, D., et al., Effekt av spannmåls- eller biproduktbaserat koncentrat utfodrat med tidigt eller sent skördat första skörd gräsensilage på mjölkkons prestation. *Journal of Dairy Science*, 2018. 101(8): p. 7133-7145.
9. Cabezas-Garcia, E.H., et al., Effekter av att ersätta sent skördat gräsensilage och korn med tidigt skördat ensilage på mjölkproduktion och metanutsläpp. *Journal of Dairy Science*, 2017. 100(7): p. 5228-5240.
10. Cabezas-Garcia, E.H., et al., Effekter av att ersätta sent skördat gräsensilage och korn med tidigt skördat ensilage på ruminal digestionseffektivitet hos lakterande mjölkkor. *Journal of Dairy Science*, 2018. 101(2): p. 1177-1189.
11. Vanhatalo, A., et al., Effekter av att utfodra mjölkkor med gräs- eller rödklöversilage som skurits vid två mognadsstadier. 1. Kvävet metabolism och tillförsel av aminosyror. *Journal of Dairy Science*, 2009. 92(11): p. 5620-5633.
12. Alstrup, L., K. Soegaard och M.R. Weisbjerg, Effekter av mognad och skördesäsong för gräs-klöversilage och av förhållandet mellan grovfoder och kraftfoder på mjölkors mjölkproduktion. *Journal of Dairy Science*, 2016. 99(1): p. 328-340.
13. Kuoppala, K., et al., Effekten av snitttiden för gräsensilage på primär tillväxt och återväxt och samspelet mellan ensilagekvalitet och kraftfodernivå på mjölkproduktionen hos mjölkkor. *Livestock Science*, 2008. 116(1-3): p. 171-182.
14. Kuoppala, K., et al., Effekten av skördestrategi för gräsensilage på matsmältning och näringstillförsel hos mjölkkor. *Journal of Dairy Science*, 2010. 93(7): p. 3253-3263.
15. Khalili, H., et al., Effekter av ensilage gjort av primärt eller återväxande gräs och proteintillskott på mjölkkons prestation. *Livestock Production Science*, 2005. 96(2-3): p. 269-278.
16. Pang, D.G., et al., Modellering av foderintag och mjölkavkastning som svar på olika strategier för skörd av vallgräs. *Grass and Forage Science*, 2019. 74(3): p. 509-524.
17. Naadland, S.S., et al., Effekt av att ersätta organiskt gräs-klöversilage från primär tillväxt med återväxt på N-digestion hos mjölkkor. *Animal Feed Science and Technology*, 2016. 220: p. 57-66.
18. Sairanen, A., et al., En jämförelse av gräsensilage skördat vid första, andra och tredje snittet på foderintag och mjölkproduktion hos mjölkkor. *Agricultural and Food Science*, 2021. 30(2): p. 74-84.
19. Johansen, M., et al., Smältbarhet och klöverandel avgör mjölkproduktionen när ensilage av olika gräs- och klöverarter utfodras till mjölkkor. *Journal of Dairy Science*, 2017. 100(11): p. 8861-8880.
20. Steinshamn, H. och E. Thuen, Vit- eller rödklöver-gräsensilage i ekologisk mjölkproduktion: Vallens produktivitet och mjölkproduktionens respons med olika nivåer av kraftfoder. *Livestock Science*, 2008. 119(1-3): p. 202-215.
21. Bertilsson, J., M. Akerlind, and T. Eriksson, The effects of high-sugar ryegrass/red clover silage diets on intake, production, digestibility, and N utilization in dairy cows, as measured in vivo and predicted by the NorFor model. *J Dairy Sci*, 2017. 100(10): p. 7990-8003.

22. Vanhatalo, A., T. Gaddnas och T. Heikkilä, Mikrobiell proteinsyntes, matsmältning och laktationsreaktioner hos kor som utfodras med ensilage av gräs eller rödklöver kompletterat med korn eller havre. *Agricultural and Food Science*, 2006. 15(3): p. 252-267.
23. Halmemies-Beauchet-Filleau, A., et al., Effect of replacing grass silage with red clover silage on nutrient digestion, nitrogen metabolism, and milk fat composition in lactating cows fed diets containing a 60:40 forage-to-concentrate ratio. *Journal of Dairy Science*, 2014. 97(6): p. 3761-3776.
24. Gidlund, H., M. Hetta och P. Huhtanen, Milk production and methane emissions from dairy cows fed a low or high proportion of red clover silage and an incremental level of rapeseed expeller. *Livestock Science*, 2017. 197: p. 73-81.
25. Halling, M.A., C.F.E. Topp och C.J. Doyle, Aspects of the productivity of forage legumes in Northern Europe. *Grass and Forage Science*, 2004. 59: p. 331-344.
26. Bertilsson, J. och M. Murphy, Effekter av utfodring med klöverensilage på foderintag, mjölkproduktion och matsmältning hos mjölkkor. *Grass and Forage Science*, 2003. 58(3): p. 309-322.
27. Eriksson, T., L. Norell, och N. Nilsson-Linde, Nitrogen metabolism and milk production in dairy cows fed semi-restricted amounts of rye-grass-legume silage with birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) or white clover (*Trifolium repens* L.). *Grass and Forage Science*, 2012. 67(4): p. 546-558.
28. Soussana, J.F., et al, Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. *Soil Use and Management*, 2004. 20: p. 219-230.
29. Patel, M., et al., Enteric methane emissions from dairy cows fed different proportions of highly digestible grass silage. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 2011. 61: p. 128-136.
30. Patel, M., et al., Produktionsresultat under hela laktationen hos högvastande mjölkkor som utfodras med högkvalitativt gräs-/klöverensilage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2017. 97(9): p. 2883-2890.
31. Phipps, R.H., J.D. Sutton och B.A. Jones, Foderblandningar för mjölkkor - effekten på torrsustansintag och mjölkproduktion av att blanda antingen fermenterat eller ureabehandlat vete, bryggerikorn, foderbetor eller majsensilage i gräsensilage. *Animal Science*, 1995. 61: p. 491-496.
32. Sinclair, L.A., R.G. Wilkinson och D.M.R. Ferguson, Effects of crop maturity and cutting height on the nutritive value of fermented whole crop wheat and milk production in dairy cows. *Livestock Production Science*, 2003. 81: p. 257-269.
33. Abdalla, A.L., et al., Digestion i våmmen hos lakterande mjölkkor som får blandningar av ureabehandlat vete- och gräsensilage. *Animal Science*, 1999. 69: p. 203-212.
34. Ahvenjärvi, S., et al, Effekter av att ersätta gräsensilage med kornensilage i foderstaten till mjölkkor. *Journal of Dairy Science*, 2006. 89(5): p. 1678-1687.
35. Lamminen, M., et al. Delvis ersättning av gräsensilage med helsädesensilage av åkerböna i foderstaten till mjölkkor. in EGF. 2015. Wageningen, Nederländerna: Wageningen Academic Publishers.

36. Murphy, M., M. Åkerlind och K. Holtenius, Rumen fermentation in lactating cows selected for milk fat content fedmed two forage to concentrate ratios with hay or silage. *Journal of Dairy Science*, 2000. 83(4): p. 756-764.
37. Halmemies-Beauchet-Filleau, A., et al., Effekt av foderkonserveringsmetod på plasmalipider, bröstlipogenes och mjölkens fettsyrasammansättning hos lakterande kor som utfodras med foderstater som innehåller ett 60:40-förhållande mellan grovfoder och koncentrat. *Journal of Dairy Science*, 2013. 96(8): p. 5267-5289.
38. Halmemies-Beauchet-Filleau, A., et al., Effekt av foderkonserveringsmetod på lipidmetabolism i våmmen och mikrobiell ekologi hos lakterande kor som utfodras med en diet som innehåller ett 60:40-förhållande mellan grovfoder och koncentrat. *Journal of Dairy Science*, 2013. 96: p. 2428-2447.
39. Shingfield, K.J., S. Jaalkola och P. Huhtanen, Effects of level of nitrogen fertilizer application and various nitrogenous supplements on milk production and nitrogen utilization of dairy cows given grass silage-based diets. *Animal Science*, 2001. 73: p. 541-554.
40. Arvidsson, K., et al., The effect of N-fertilisation rate or inclusion of red clover to timothy leys on fatty acid composition in milk of dairy cows fed in milk of dairy cows fed in a commercial silage: concentrate ratio. *Djur*, 2012. 6(7): p. 1178-1186.
41. Kokkonen, T., et al., Effekt av ensilagets torrsubstanshalt och tillskott av rapsmjöl på mjölkkor. 1. Mjolkproduktion och foderutnyttjande. *Vetenskap och teknik för djurfoder*, 2000. 84(3-4): p. 213-228.
42. Johansen, M., et al., Metaboliserbar proteintillförsel till lakterande mjölkkor ökade med ökande torrsubstanshalt i gräs-klöverensilage. *Vetenskap och teknik för djurfoder*, 2017. 227: p. 95-106.
43. Sousa, D., M. Larsson och E. Nadeau, Milk Production of Dairy Cows Fed Grass-Clover Silage Pulp. *Agriculture-Basel*, 2022. 12(1): p. 11.
44. Savonen, O., et al., Gräsensilagemassa som en kostkomponent för högavkastande mjölkkor. *Animal*, 2020. 14(7): p. 1472-1480.
45. Damborg, V.K., et al., Ensilerad massa från bioraffinering ökade mjölkproduktionen hos mjölkkor jämfört med gräs- och klöverensilage. *Journal of Dairy Science*, 2019. 102(10): p. 8883-8897.
46. Hansen, N.P., et al., Strimling av klövergräs före ensilering: Effects on feed intake, digestibility, and methane production in dairy cows (Effekter på foderintag, smältbarhet och metanproduktion hos mjölkkor). *Vetenskap och teknik för djurfoder*, 2021. 282: p. 14.
47. Rustas, B.O., M. Managos och T. Eriksson, Extrudering av gräsensilage ökar intaget och mjölkavkastningen hos mjölkkor. *Journal of Animal Science*, 2021. 99: p. 176-176.

4.2 Köttdjur

Dannylo Sousa, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd, SLU

Bengt-Ove Rustas, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd, SLU

Katarina Arvidsson Segerkvist, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd, SLU

Elisabet Nadeau, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd, SLU

4.2.1 Utvecklingsstadium vid skörd

Avkastning och kvalitet är viktiga faktorer att ta hänsyn till vid odling av vall till animalieproduktionssystem, och utvecklingsstadiet vid skörden kan påverka båda faktorerna på ett övergripande sätt. Avkastningen ökar och kvaliteten minskar med senare utvecklingsstadie. I grässvallar som slås för ensilering är ett tidigt utvecklingsstadium vid skörd en förutsättning för att få hög energi- och proteinhalt i ensilaget, vilket leder till högt energiintag och hög tillväxt. Smältbarhet är en nyckel till att uppnå höga intag och förbättrad tillväxt, men att slå ensilage oftare i ett tidigt mognadsstadium innebär lägre foderskördar, högre skördekostnader, kortare livslängd för beståndet och större arealbehov. Å andra sidan innebär mindre frekvent skörd sämre gräskvalitet, längre uppfödningstid och större beroende av kraftfoder för att djuren ska bli klara inom rimlig tid. Det är ett viktigt beslut som måste fattas individuellt, baserat på förhållandena i varje produktionssystem, inklusive olika typer av raser. Två studier har dock genomförts under nordiska förhållanden för att utvärdera effekterna av mognadsstadiet vid skörd på prestationen hos växande nötkreatur.

Randby et al. [1] skördade förstaskörd av gräs- och klöverbullar i tre tidiga utvecklingsstadier, tillväxtstadierna 1 och 2, som dominerades av rotskott i stråskjutning med två respektive tre synliga noder, och stadium 3, som dominerades av rotskott i tidig axgång, med synliga ax men utan axstammar. Skörden i varje stadium skedde med en veckas mellanrum från det föregående. Vallarna med gräs och rödklöver bestod av timotej (50 %), ängssvingel (35 %) och rödklöver (15 %). Ensilaget utfodrades ad libitum till tjurar av norsk röd ras med en initial ålder på 7 månader och en levande vikt (LW) på 288 kg vid försökets början. Generellt sett var det ingen skillnad i tillväxt mellan tjurar som utfodrades med ensilage från steg 1 och 2. Tjurar som utfodrades med ensilage från steg 3 visade dock lägre foderintag, levande viktökning (LWG; 936 vs. 1342 g/d) och slaktviktsökning (465 vs 702 g/d) jämfört med tjurar som utfodrades med ensilage från steg 1 och 2. Följaktligen var uppfödningstiden fram till slakt densamma för tjurar som utfodrades med ensilage 1 och 2 (458 dagar) men längre för tjurar som utfodrades med ensilage 3 (543 dagar). Senare har Manninen et al. [2] utvärderat effekten av utvecklingsstadiet för gräs-rödklöver på tillväxten hos Hereford-tjurar med en initial ålder på 7,5 månader och en vikt på 289 kg vid försökets början.

Andraårsvallar av timotej (65 %), ängssvingel (30 %) och rödklöver (5 %) skördades för ensilage i tidigt (17–18 juni) eller sent (31 juni–1 juli) utvecklingsstadium. Författarna observerade att tjurar som utfodrades med gräs-rödklöverensilage skördat i tidigt utvecklingsstadium inte visade någon skillnad i foderintag, men högre tillväxt (1799 vs 1609 g/d) och följaktligen kortare uppfödningstid fram till slakt (179 vs 197 dagar) jämfört med tjurar som utfodrades med ensilage från sent utvecklingsstadium. Slaktkroppsegenskaperna påverkades inte av behandlingen.

4.2.2 Skördestrategi

I allmänhet ger en tidig första skörd ett mycket smältbart gräs för ensilage, men smältbarheten hos den andra skörden tenderar att vara lägre. Under nordiska förhållanden kan dock den tredje skörden ha hög smältbarhet som en följd av låga fibermängder på grund av låga medeltemperaturer och låg strålning under sensommaren. Dessutom kan en strategi med tre skördar ge ett bättre utnyttjande av hela växtsäsongen än en strategi med två skördar [3, 4]. Två studier genomfördes för att utvärdera effekten av skördesstrategi på kötttrastjurars tillväxt.

Huskonen och Pesonen [3] studerade effekterna av första årets timotejvallsom skördades för ensilage som första-, andra- eller tredjeskörd på foderintag, tillväxt och slaktkroppsegenskaper hos Simmental slakttjurar. Djuren var 328 ($\pm 13,9$) dagar gamla och hade en initial vikt på 475 ($\pm 36,8$) kg. Försöksfodret innehöll antingen ensilage från första-, andra- eller tredjeskörd blandat med krossat korn i ett förhållande mellan grovfoder och koncentrat på 55:45 och utfodrades ad libitum till Simmental-tjurar. Författarna observerade att ts-intaget (11,5 vs. 10,4 kg/d), tillväxt (2089 vs. 1883 g/d) och viktökning på slaktkroppen (1301 vs. 1169 g/d) var större för tjurar som utfodrades med första- och tredjaskördsensilage jämfört med tjurar som utfodrades med ensilage från andraskörd. Som en följd av den större viktökningen var slaktåldern i dagar 449, 463 och 457 för tjurar som utfodrades med ensilage från första-, andra- respektive tredjaskörd. Huuskonen et al. [5] utvärderade samma första- och andraskörds ensilage som användes i den tidigare studien i en studie på Herefordtjurar. De två foderbehandlingarna innehöll antingen första- eller andraskördsensilage (55% ts-basis) kompletterat med krossat korn (43,5% ts-basis) och en mineral-vitaminblandning (1,5% ts-basis). Författarna observerade att tjurar som utfodrades med gräsenilage från förstaskörd uppvisade högre foderintag (9,93 vs. 9,17 kg/d) och LW-tillväxt (1717 vs. 1543 g/d) än tjurar som utfodrades med gräsenilage från andraskörden. Följaktligen var uppfödningstiden för att slaktgöra tjurar som utfodrades med förstaskördsensilage kortare än när de utfodrades med andraskördsensilage (167 vs. 180 d). Slaktkroppsegenskaperna påverkades inte av behandlingen.

4.2.3 Vallarter

Det är dyrt att överutfodra dikor innan kalvning och det ökar risken för förlossningsrelaterade problem. Å andra sidan kan en negativ energistatus före kalvningen och ett dåligt hull vid betäckningen ha negativa effekter på kons reproduktionsförmåga och på kalvarnas viktökning och avvänjningsvikt. Därför är det viktigt att erbjuda korna en foderstat som varken över- eller underutfodrar. I Norden används timotej och ängssvingel ofta i blandade gräsenilage, men deras lämplighet i foderstater till vuxna nötkreatur har ifrågasatts på grund av deras relativt höga smältbarhet, vilket kan leda till onödigt stor foderkonsumtion som leder till ökad kroppsvikt (BW) och hullpoäng (BCS).

Att senarelägga skörden av vanliga gräsblandningar för ensilage är en strategi för att öka avkastningen och undvika överutfodring av dräktiga dikor som utfodras ad libitum. Dessutom är festulolium och rörflen möjliga alternativ till det traditionella timotej- och ängssvingelbaserade grovfodret, eftersom de ofta har högre koncentrationer av NDF och lägre smältbarhet. Användningen av festulolium och rörflen har dock studerats på mjölkkor och får, men endast två studier har genomförts under nordiska förhållanden där dessa grovfoder utfodrades till dikor före kalvning för att studera kornas produktion.

Jardstedt et al. [6] jämförde tre foderblandningar baserade på traditionellt timotej- och ängssvingelensilage, festuloliumensilage plus urea och rörflensensilage med avseende på produktion hos Hereford-kor före kalvning. Efter kalvningen utfodrades alla kor med timotejensilage. Författarna observerade att kor som utfodrades med timotej-ängssvingelensilage och festuloliumensilage uppvisade större ts-intag (12,9 och 13,9 vs. 9,17 kg/d), förändring i vikt (99 och 127 vs. 43 kg) och förändring i BCS (0,32 och 0,77 vs. -0,35) jämfört med kor som utfodrades med rörflensensilage innan kalvning. Det fanns dock ingen effekt av behandlingarna på produktion under den första tiden efter kalvning, där korna utfodrades med samma foder. Kalvarna utvärderades också, men det fanns ingen effekt av behandlingarna på kalvarnas födelsevikt, dagliga tillväxthastighet fram till avvänjning eller justerad avvänjningsvikt efter 200 dagar. Jardstedt et al. [7] utfodrade samma ensilage till dräktiga dikor av Herefordras och observerade att kor som utfodrades med timotej-ängssvingelensilage och festuloliumensilage visade större ts-intag, men det var ingen skillnad i slutlig vikt jämfört med kor som utfodrades med rörflensensilage. Rörflensensilage verkar vara ett bra alternativ till timotej- och ängssvingelensilage vid utfodring av dikor i fri tillgång innan kalvning, eftersom intaget och därmed hullet är lägre än när timotej- och ängssvingelensilage eller festuloliumensilage utfodras.

4.2.4 Gräs eller gräsklöver

Även om timotej- och ängssvingelgräs främst används i vallodling i Norden för utfodring av nötkreatur, kan klöver komma att spela en allt viktigare roll i framtida ensilageproduktion på grund av sin kvävefixerande förmåga. Vanligtvis odlas klöver i en blandning med gräsarter. Till skillnad från vad som gäller för mjölkkor finns det dock bara två studier som jämför klöverensilage eller blandat gräsklöverensilage med gräsensilage i foderstaten till växande och slutfödda nötkreatur. Pesonen et al. [8] utvärderade ensilage som skördats från antingen monokulturer av timotej eller blandbestånd av timotej och rödklöver. Timotej skördades vid tidig axgång (den 30 juni och den 19 augusti, första skörd respektive återväxt) och blandbestånd av timotej och rödklöver vid tidig blomning av rödklöver (den 4 juli och den 24 augusti). Enligt botaniska bestämningar innehöll bestånden av timotej och rödklöver, timotej (42%), rödklöver (56%) och andra växter (2%). Foderstaterna var sammansatta för att ha ett förhållande mellan grovfoder och kraftfoder på 67:33 eller 34:66 och utfodrades ad libitum till korsningstjurar (Angus × Nordic Röd). Vid försökets början hade tjurarna en genomsnittlig vikt på 322 kg och var 195 dagar gamla. Författarna drog slutsatsen att det inte fanns någon skillnad mellan ensilagen när det gällde produktionen (inklusive ts-intag, LWG, slaktkroppens WG (CWG) och slaktkroppens egenskaper) hos korsningstjurar.

På liknande sätt har Huuskonen et al. [9] utvärderat effekten av att ersätta timotej med alsikeklöverensilage på Aberdeen Angus- och Nordisk Röd-tjurars produktion. När försöket började vägde Aberdeen Angustjurarna 479 kg och var 335 dagar gamla, och Nordisk Röd-tjurnarna vägde 366 kg och var 303 dagar gamla. Försöksensilagen skördades från antingen timotejvall i axgångsstadiet eller alsikeklövervall i blomningsstadiet. Behandlingarna bestod av 1) timotejensilage (65 %) och korn (35 %); 2) timotejensilage (32,5 %), alsikeklöverensilage (32,5 %) och korn (35 %); och 3) alsikeklöver (65 %) och korn (35 %). Författarna drog slutsatsen att ersättandet av timotejensilage med alsikeklöverensilage inte påverkade tjurarnas ts-intag, tillväxt, slaktkroppens konformation eller köttkvalitetsegenskaper.

4.2.5. Förhållande mellan grovfoder och kraftfoder

Grovfoderbaserad nötköttproduktion är en viktig del av ett hållbart jordbruk eftersom den kan omvandla foder som inte är lämpligt för människor till högkvalitativ mat. Det mesta av grovfodret till växande nötkreatur i de nordiska länderna är baserat på ensilerade blandningar av olika vallväxter. Näringsvärdet i enbart vallfoder är vanligtvis otillräckligt för att uppnå tillväxtmålen, och foderstaten kompletteras vanligtvis med kraftfoder för att förbättra tillväxten hos växande nötkreatur. Ensilage av hög kvalitet kan dock bidra till en hög tillväxt hos växande nötkreatur med måttlig eller till och med ingen tillsats av kraftfoder [1].

Huuskonen et al. [10] utfodrade växande tjurar av mjölkras med ett fullfoder timotej- och ängssvingelvall och tre nivåer av kornbaserat kraftfoder: 300 (L), 500 (M) och 700 (H) g/kg ts. En ökning av andelen kraftfoder från 300 till 500 g/kg ts ledde till en förbättring av daglig tillväxt (1090 vs. 1205 g/d) men ingen ytterligare förbättring sågs för H-foderstaten (1196 g/d). Det fanns inga signifikanta behandlingsskillnader i ts-intaget (8,72, 9,03 och 8,24 för L, M respektive H), vilket ledde till en minskad foderomvandlingsförmåga med ökande andel kraftfoder (8,02, 7,53 och 6,90 kg ts/kg tillväxt för L, M respektive H).

Pesonen et al. [11] studerade effekterna av att öka andelen kraftfoder i foderstaten på tillväxt och slaktkroppsegenskaper. Hereford- och Charolais-tjurar erbjöds ett fullfoder bestående av gräsensilage (timotej och ängssvingel) med antingen 200 (L) eller 500 (M) g kornbaserat kraftfoder/kg ts. Ökad andel kraftfoder resulterade i högre ts-intag (8,93 vs. 9,68 kg/d för L respektive M) och genomsnittlig daglig tillväxt (; medel 1158 och 2087 g/d för L respektive M). Ökad andel kraftfoder förbättrade också slaktkroppens konformation.

Manni et al. [12] utvärderade fyra strategier för att ersätta gräsensilage med kkraftfoder på tillväxten hos Holstein- och Nordisk Röd-tjurar med en initial levande vikt på 230 ($\pm$ 36,9) kg och 200 ($\pm$ 24,9) dagars ålder. Ensilage av hög kvalitet gjordes av förstaskörd av en timotejvall som skördats vid tidig axgång och kraftfoder av krossat korn. Fyra behandlingar utvärderades: 1) enbart gräsensilage under hela försöksperioden; 2) fullfoder som innehöll ett förhållande mellan gräsensilage och korn på 70:30; 3) enbart gräsensilage under första halvan av försöket och sedan fullfoder som innehöll ett förhållande mellan gräsensilage och korn på 40:60 under andra halvan; och 4) fullfoder som innehöll ett förhållande mellan gräsensilage och korn på 40:60 under första halvan av försöket och enbart gräsensilage under andra halvan. Mängden kraftfoder under hela året var densamma för behandlingarna 2, 3 och 4.

Författarna observerade att tjurar som utfodrades med strategin enbart ensilage under den första halvan och 40:60 gräsensilage/korn under den andra halvan visade större ts-intag (8,90 vs. 7,97 kg/d), tillväxt (1314 vs. 1119 g/d) och slaktkroppsvikt (696 vs. 580 g/d) jämfört med enbart ensilage under hela perioden. Tjurar som utfodrades med enbart ensilage under hela perioden visade dock liknande resultat jämfört med tjurar som utfodrades med strategi 2 och 4. Denna studie visar att mjölkrastjurar kan uppnå måttlig till hög prestation när ensilage av högsmältbart gräs används som enda foder. Tillväxtresultatet förbättrades dock ytterligare om korn ingick i foderstaten.

Johansson et al. [13] utvärderade tre olika proportioner mellan grovfoder och koncentrat på sjuttionio SRB och sjuttiofem svenska Holstein mjölkrastjurkalvar. Kalvarna utfodrades med samma foder i tre olika proportioner mellan grovfoder och koncentrat, med klöver/gräsensilage (70 % rödklöver och 30 % gräs) som utgjorde 40, 50 eller 60 % av ts i fullfoder. Författarna observerade att kalvar som fick foderstater med 40 eller 50% ensilage uppvisade liknande intag (5,6 kg ts/d),

tillväxt (1,38 kg/d) och total viktökning (194 kg), och kalvar som fick foderstaten med 60% ensilage uppvisade lägst intag (5,2 kg ts/d), tillväxt (1,22 kg ts/d) och total viktökning (172 kg). Fodereffektiviteten (g tillväxt/MJ ME) var dock liknande för alla behandlingar.

Huuskonen et al. [14] jämförde gräsensilage som utfodrades ensamt eller blandat med helsäd av rågvete eller korn på Hereford- och Charolais-tjurars tillväxt. Gräsensilage framställdes av timotej och vårsått korn och vårsådd rågvete användes till helsädesensilage. Foderstaterna var sammansatta så att förhållandet mellan grovfoder och kraftfoder var 60:40. Foderstaterna i försöket bestod av: 1) gräsensilage (60%) och kraftfoder (40%); 2) gräsensilage (30 %), rågveteensilage (30 %) och kraftfoder (40 %); 3) gräsensilage (30%), kornensilage (30%) och kraftfoder (40%). Författarna observerade att tjurar som utfodrades med enbart gräsensilage hade lägre ts-intag men liknande tillväxt, slaktkroppstillväxt, slutlig vikt och slaktkroppsvikt jämfört med tjurar som utfodrades med gräs blandat med helsädesensilage. Fodereffektiviteten hos de tjurar som utfodrades med enbart gräs var således högre än när gräset blandades med helsädesensilage (korn eller rågvete).

Högekvalitativt gräsensilage kan utfodras ensamt till växande tjurar och ge liknande resultat jämfört med när ensilaget blandas med kraftfoder. Även i fullfoder som innehåller kraftfoder kan gräsensilage utfodras ensamt eller blandas med klöver utan att påverka tillväxten hos slutgödningstjurar. Som tidigare nämnts kan gräs av hög kvalitet produceras genom att skördetiden justeras för att uppnå rätt utvecklingsstadium i enlighet med produktionssystemets mål, genom att välja rätt skördestrategi för att utfodra djur med större behov eller genom att välja den art som ger bäst resultat på djurens tillväxt.

4.2.5 Slutsatser och kunskapsluckor

Att skörda vall i ett tidigt utvecklingsstadium påverkar kötttrastjurarnas tillväxt positivt, men beslutet att skörda tidigare och sannolikt oftare under växtsäsongen måste utvärderas noggrant. Forskning som utvärderar systemens ekonomi är ovanlig på grund av den stora variationen i kostnader som är specifika för platsen och tiden för varje produktionssystem. Därför måste den ekonomiska lönsamheten för denna metod utvärderas lokalt. Endast två studier genomfördes under nordiska förhållanden för att jämföra tillväxten hos tjurar som utfodrades med vall i tidigt eller sent mognadsstadium, och som förväntat visade djur som utfodrades med gräs-klöverensilage i tidigt mognadsstadium större daglig levande viktökning och kortare utfodringstid fram till slakt. Framtida forskning skulle dock kunna inriktas på utvärdering av hela produktionssystemet. Det behövs alltså en mer omfattande analys av produktionssystemet för att stödja producenternas beslutsfattande.

När det gäller nötkreaturstjurarnas prestanda verkar strategin med ett treskördesystem vara fördelaktigt. Att skörda varje skörd tidigare för att kunna

skörda tre gånger under samma växtsäsong kommer att förbättra kvaliteten på materialet och följaktligen öka vikten och slaktkroppens viktökning, vilket minskar den uppfödningstid som krävs för att slatgöda djuren. Genom att skörda oftare än tre gånger per år, vilket i viss utsträckning praktiseras av mjölkbönder och vissa nötköttsproducenter i Sverige, kan vallkvaliteten förbättras ytterligare och detta kan förbättra djurens prestanda ännu mer. Mer frekventa skördar kommer sannolikt att öka eftersom växtsäsongen kommer att bli längre på grund av klimatförändringarna. Som tidigare nämnts måste dock systemets ekonomiska lönsamhet utvärderas lokalt för att uppnå bästa möjliga balans mellan avkastning och kvalitet.

Den enda jämförelsen av vallfoderarter för dikor gjordes av samma grupp i två studier av utfodring av kor före och efter kalvning, där målet var att förhindra under- eller överhull av korna. Det saknas dock studier i nordiska förhållanden som jämför vallfoderarter för andra kategorier av nötkreatur, t.ex. slakttjurar eller växande stutar och kvigor. På grund av klimatförändringar och drastiska variationer i väderförhållandena har vallproduktionen äventyrats, och kommer sannolikt att fortsätta att äventyras. Framtida forskning kan därför inriktas på att jämföra olika vallarter med fokus på att förbättra näringskvaliteten för att öka energiintaget och tillväxt, men också på att undersöka tillväxten hos nötkreatur som utfodras med vallarter som är mer anpassade till perioder av torka och kraftiga regn.

Skördestrategier utvärderades i två studier av samma grupp där system med tre respektive två snitt undersöktes. I studien med tre skördar presterade tjurarna bättre när de utfodrades med första- och tredjeskörd jämfört med andraskörden. På samma sätt presterade tjurar som utfodrades med förstaskörden bättre än tjurar som utfodrades med andraskörden i studien med två skördar. Det är dock viktigt att betona att foderstaterna var utformade för att ha samma förhållande mellan grovfoder och kraftfoder, oavsett grovfodrets kemiska sammansättning. Eftersom ensilaget från andraskörden hade en högre koncentration av fiberkomponenter begränsades intaget av vommens fyllnadsgrad, vilket försämrade tillväxten. Produktionsresultaten var alltså mer relaterade till foderstatens sammansättning än till skillnader mellan vallarna. För framtida forskning rekommenderas att man vid jämförelser av olika vallfoder till nötkreatur utformar foderstater baserat på vallfodrets kemiska sammansättning, med målet att ha liknande näringssammansättning mellan behandlingarna.

Bioraffinering av vall är en växande teknik som syftar till att förbättra utnyttjandet av vall genom skruvpressning av vallväxter för att producera en proteinrik juice och en presskaka. Juicen kan användas som proteintillskott till enkelmagade djur och presskakan är en lämplig foderkälla för idisslare, särskilt för djur som kräver lite energi, t.ex. lakterande och icke lakterande dikor. Alla studier som hittills har utförts under nordiska förhållanden har dock genomförts genom att utfodra högproducerande mjölkkor med fibermassan. Framtida forskning kan

därför fokusera på att utvärdera prestandan hos olika kategorier av nötkreatur som får fibermassa från bioraffinerad vally som foderkälla.

Sammanfattningsvis är det viktigt att påpeka att det inte finns någon enskild strategi som alltid är det bästa alternativet för alla produktionssystem. Den mest lönsamma strategin beror på förhållandet mellan tillgänglig landareal och andra variabler som är mycket beroende av fluktuationerna på marknaden, till exempel kostnader för insatsvaror och produktintäkter.

4.2.6 Referenser

1. Randby, A.T., P. Norgaard, and M.R. Weisbjerg, Effect of increasing plant maturity in timothy-dominated grass silage on the performance of growing/finishing Norwegian Red bulls. *Grass and Forage Science*, 2010. 65(3): p. 273-286.
2. Manninen, M., et al., Effekter av smältbarheten hos gräs-rödklöverensilage och proteinkoncentrationen i koncentratet på prestation, slaktkroppsvärde, ätkvalitet och ekonomi hos Herefordtjurar som föds upp i kalla förhållanden. *Lantbruks- och livsmedelsvetenskap*, 2011. 20(2): p. 151-168.
3. Huuskonen, A. och M. Pesonen, En jämförelse av första, andra och tredje skörden av timotejensilage i foderstaten till slakttjurar. *Lantbruks- och livsmedelsvetenskap*, 2017. 26(1): p. 16-24.
4. Hyrkäs, M., et al. EGF. i EGF. 2015. Wageningen, Nederländerna Wageningen Academic Publishing.
5. Huuskonen, A., S. Ramo och M. Pesonen, Effekter av gräsensilage från primär tillväxt jämfört med återväxt på foderintag, tillväxtprestanda och slaktkroppsegenskaper hos växande tjurar. *Lantbruks- och livsmedelsvetenskap*, 2018. 27(4): p. 232-242.
6. Jardstedt, M., et al., Effekten av att utfodra grovfoder med varierande smältbarhet före förlossningen på energistatus och metaboliska profiler hos nötköttsskor runt förlossningen. *Animals*, 2020. 10(3).
7. Jardstedt, M., et al., Foderintag och urinutsöndring av kväve och purinderivat hos dräktiga dikor som utfodras med alternativa grovfoderbaserade foderstater. *Livestock Science*, 2017. 202: p. 82-88.
8. Pesonen, M., E. Joki-Tokola och A. Huuskonen, The effect of silage plant species, concentrate proportion and sugar beet pulp supplementation on the performance of growing and finishing crossbred bulls. *Vetenskap om djurproduktion*, 2014. 54(10): p. 1703-1708.
9. Huuskonen, A., M. Pesonen, and M. Honkavaara, Effects of replacing timothy silage by alsike clover silage on performance, carcass traits and meat quality of finishing Aberdeen Angus and Nordic Red bulls. *Vetenskap om gräs och foder*, 2017. 72(2): p. 220-233.

10. Huuskonen, A., K. H. och E. Joki-Tokola, Effekter av tre olika kraftfoderandelar och rapsmjöl som tillskott till gräsensilage på djurens prestation hos tjurar av mjölkkras med TMR-utfodring. *Livestock Science*, 2007. 110: p. 154-165.
11. Pesonen, M., et al., Effekter av kraftfodernivå och tillskott av rapsmjöl på prestation, slaktkroppsegenskaper, köttkvalitet och värdefulla styckningsdetaljer hos Hereford- och Charolaistjurar som erbjuds rationer baserade på gräsensilage och korn. *Lantbruks- och livsmedelsvetenskap*, 2013. 22: p. 151-167.
12. Manni, K., M. Rinne, and A. Huuskonen, Effects of barley intake and allocation regime on performance of growing dairy bulls offered highly digestible grass silage. *Livestock Science*, 2016. 191: p. 72-79.
13. Johansson, B., A. Hesse, och K.I. Kumm, Att använda klöver/gräsensilage som proteinfoder till mjölkkrastjurkalvar. *Ekologiskt lantbruk*, 2016. 6(1): p. 57-63.
14. Huuskonen, A., S. Jaakkola och K. Manni, Intag, tillväxt och slaktkroppsegenskaper hos Hereford- och Charolais-tjurar som erbjuds foder baserat på triticale-, korn- och gräsensilage. *Lantbruks- och livsmedelsvetenskap*, 2020. 29(4): p. 318-330.

4.3 Får

Gun Bernes, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd, SLU

Elisabet Nadeau, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd, SLU

4.3.1 Selektivt beteende

Får är generellt tio gånger mindre än nötkreatur men deras underhållsbehov per kg levande vikt är högre. Fåren kompenserar detta främst genom att undvika mer fiberrika växter eller växtdelar. Detta visades i en utfodringsstudie med lamm som fick gräsensilage skördat vid olika utvecklingsstadium i första skörd. Resultaten visade att lammen kunde välja ut de mest näringsrika delarna från alla ensilage som erbjöds och att deras urval baserades mer på koncentrationen av fibrer (NDF) och omsättbar energi än på råprotein [1]. Samma tendens sågs i ett experiment av Kischel et al. [2], där foderresterna från tackor som utfodrats med rundbalshösilage av lägre kvalitet (senare skörd) skilde sig mer i NDF-innehåll från det utfodrade fodret, jämfört med när de fick ett tidigare skördat hösilage. En studie med tackor som utfodrades med gräsensilage som skördats tidigt (bladstadium) eller något senare (tidig ax/vippgång) i första skörd visade mer sorteringsbeteende med det senare skördade fodret [3]. En liknande skillnad i selektivt beteende sågs hos kastrerade baggar som utfodrats med gräsensilage skördat vid olika utvecklingsstadier [4]. Andra faktorer än utvecklingsstadium kan också påverka selektionen. Helander et al. [5] noterade att skillnaden i innehållet av NDF var större mellan foder och rester vid utfodring av ohackat gräsensilage till dräktiga och lakterande tackor, jämfört med ensilage som var hackat. Hackning kan alltså vara ett sätt att minska selektionen.

4.3.2 Utfodring av grovfoder i olika produktionsstadier

Svenska fårraser har generellt högre fruktsamhet än fårraser i många andra länder, vilket påverkar deras näringsbehov. Tackornas energi- och proteinbehov fördubblas från underhåll och tidig dräktighet till sen dräktighet och tidig laktation, då tackorna ofta gör av med mer energi än de konsumerar. I slutet av dräktigheten påverkas dessutom konsumtionsförmågan eftersom fostren minskar utrymmet för våmmen. Detta leder till negativ energibalans och därmed mobilisering av kroppens reserver. Att utfodra med enbart grovfoder under denna period är en utmaning, eftersom näringsvärdet kan variera avsevärt. I en studie av Bernes och Stengärde [6] var konsumtionen av torrsustans (ts) under tidig dräktighet densamma båda försöksåren, även om ensilagekvaliteten skilde sig åt, t.ex. med ett högre NDF-innehåll det andra året. Senare under dräktigheten och under laktationen var det stora skillnader i ensilagekonsumtion mellan åren. Det lägre näringsintaget under det andra försöksåret hade uppenbara konsekvenser, med lägre hullpoäng hos tackor med många lamm, högre koncentration av NEFA (icke-förestrade fettsyror)

i blodet, högre lammdödlighet och lägre tillväxt hos lammen. De största effekterna av ett lågt näringsintag på tackornas blodmetaboliter sågs två veckor efter lamningen. Författarna drar slutsatsen att det kan vara svårt att upprätthålla en god näringsstatus hos tackor med mer än ett lamm om de enbart utfodras med grovfoder. I så fall måste grovfodret ha mycket högt näringsvärde. Något i motsats till detta var ensilage av medelhög kvalitet tillräckligt för att täcka näringsbehovet under dräktigheten i en studie med tackor med två foster [3]. Detta berodde delvis på tackornas selektion där de valde bort fiberrika delar till förmån för mer näringsrika delar av ensilaget. Foderkonsumtionen var relativt konstant fram till två dagar före lamningen då den sjönk för att sedan börja öka direkt efter lamningen. I en dansk studie [7] noterade man lägre konsumtion av grovfoder av låg kvalitet under de sista fem dagarna före lamningen hos tackor med tre jämfört med två foster. Ts-intaget ökade signifikant från före till efter lamningen. Författarna drog slutsatsen att tackor har kapacitet att upprätthålla tillväxt och näringsstatus hos flera foster trots energirestriktion i slutet av dräktigheten, men att kapaciteten att producera mjölk kan påverkas.

I en studie av Sormunen-Cristian och Jauhiainen [8] var det ingen skillnad i ts-intag mellan dräktiga tackor som utfodrades med hö eller ensilage. Konsumtionen minskade för båda grovfodren under de sista åtta veckorna av dräktigheten, men i större utsträckning i högruppen. Tillskott av korn under de sista sex veckorna av dräktigheten påverkade inte konsumtionen av grovfoder. Tackornas grovfoderkonsumtion var som högst sex veckor efter lamning. Tack vare ensilagets högre näringsvärde låg tackorna i den gruppen närmare sitt energi- och proteinbehov under sen dräktighet och tidig laktation, jämfört med högruppen. Konsumtionen av ts och NDF var cirka 45 % högre hos tackor under tidig laktation än under sen dräktighet i en svensk studie med *ad libitum*-utfodring av gräsensilage och en fast mängd kraftfoder [5]. Samma forskargrupp [3] angav ett genomsnittligt totalt NDF-intag på 20 g/kg kroppsvikt för lakterande tackor, där 90 % av NDF härrörde från gräsensilage. Detta är högre än i många internationella referenser.

4.3.3 Effekt av skördedatum

Senare skördedatum ledde till minskad konsumtion av ensilage och därmed sämre tillväxt och fodereffektivitet hos lamm i ett utfodringsförsök med gräsensilage skördat vid tre olika utvecklingsstadier i första skörd [1]. För att jämföra proteinkoncentrationen mellan utfodringsgrupperna användes sojamjöl på maximalt 120 g ts per dag. Koncentrationen av NDF visade sig vara den viktigaste variabeln för att förklara variationen i ensilageintag mellan foderstaterna. Tillsammans med levande vikt (LV) förklarade NDF-koncentrationen mer än 75 % av variationen i lammens ensilagekonsumtion. Fiberinnehållets inverkan på nedbrytningshastigheten i vommen är en möjlig förklaring. Även om lammen utfodrades i överskott och därmed kunde välja ut mer näringsrika delar i fodret

kunde detta inte helt kompensera för skillnaderna i näringsvärde mellan ensilagen. I en finsk studie skilde inte ts-konsumtionen mellan lamm som utfodrades med gräshö skördat vid två tillfällen med 25 dagars mellanrum i första skörd [9]. Lammen utfodrades dock också med 400 g kraftfoder per dag. Det totala energiintaget skilde mellan grupperna och lammen som utfodrades med det tidigare skördade höet växte snabbare och var tyngre vid slakt.

Nadeau et al. [3] visade att tackor som utfodrades med tidigt skördat gräsensilage (bladstadiet) endast uppvisade en marginell hullminskning och började återfå sitt hull efter tre veckors laktation, medan tackor som fick medeltidigt (tidig ax/vippgång) eller sent skördat gräsensilage (efter ax/vippgång) fortsatte att förlora hull under hela laktationen. Den negativa effekten av senare skörd på ensilagekonsumtionen var större i tidig laktation än i sen dräktighet. Utvecklingsstadiet hos gräsensilage påverkade inte den genomsnittliga ät-, idisslings- och tuggtiden per kg konsumerad NDF hos tackor med två foster [10]. Utfodring med tidigt skördat gräs där fibern har låg andel lignin resulterade dock i ett högre ts-intag och kortare tuggtid per kg konsumerad torrsubstans. Det tidigt skördade ensilaget resulterade också i högre hullpoäng hos tackorna.

En foderstat med enbart ensilage jämfördes med en foderstat med ensilage och kraftfoder i en tvåårig studie med tackor och lamm [11]. Ensilaget som utfodrades det andra året hade lägre råproteinhalt, innehöll mer osmältbar NDF och hade en högre koncentration av syror. Lammens ts-intag, särskilt de som utfodrades med enbart ensilage, var i allmänhet högre första året jämfört med det andra året. Intaget av NDF var också relativt högt, 16 g/kg LV, vilket tyder på att fibrerna i ensilaget hade hög nedbrytbarhet. Lamm som bara fick ensilage före avvänjningen det första året hade ett högre totalt ts-intag per kg LV under perioden efter avvänjning, jämfört med lamm som också fick kraftfoder före avvänjningen. Studien tyder på att fri tillgång till ensilage av god kvalitet från tidig ålder främjar ett högt foderintag senare i livet. I en annan studie, där gräsensilage skördade vid olika utvecklingsstadium utfodrades till lamm, var det högsta intaget 14 g NDF/kg LV [1].

Lägre kraftfoderkonsumtion sågs hos lamm från tackor som utfodrats med tidigt skördat gräsensilage, jämfört med senare skördat. Detta tyder på en högre mjölkproduktion hos tackorna, på grund av högre energiintag [3]. Lammen till de tackor som fick tidigt skördat ensilage hade högre tillväxt och LV vid avvänjning än lammen i gruppen med ensilage av låg kvalitet, trots att de senare åt mer kraftfoder.

4.3.4 Effekter av växtarter och fytoöstrogener

När baggar utfodrades med ensilage *ad libitum* i ett småskaligt försök föredrog de ensilage med timotej/ängssvingel framför ensilage gjort på rörsvingel [12].

Ensilagen skilde sig emellertid åt i smältbarhet, där timotej/ängssvingelensilage var mer smältbart.

Fält med timotej och 0, 20 eller 40 % rödklöver skördades samtidigt och utfodrades senare som ensilage till lamm för slutuppfödning under vintern [13]. Sojamjöl gavs för att jämna ut halten råprotein mellan grupperna. Ts-intaget av ensilage ökade med ökad klöverhalt, och därmed även mängden protein och energi från ensilaget. Skillnaden mellan grupperna minskade när man tittade på den totala foderstaten, men fortfarande var det högst ts-intag och tillväxt i gruppen med högst rödklöverandel. Konsumtionen av NDF per kg LV var cirka 12 g i alla grupper.

Antinutritionella faktorer påverkar ofta får i större utsträckning än nötkreatur. Ett exempel är fytoöstrogener som kan ha en effekt på reproduktionen. En finsk studie syftade till att fastställa effekterna av rödklöverensilage med högt innehåll av fytoöstrogener på tackor under deras första betäckningssäsong [14]. Rödklöverensilage verkade vara mer smakligt än det gräsenilage som användes som kontrollfoder och trots att foderstaterna var planerade att ge samma mängd energi ökade tackorna som fick rödklöverensilage snabbare i vikt. Tackorna slaktades efter fem månaders försöksutfodring, sex veckor efter betäckningssäsongens slut. Vikten av livmodern med dess innehåll var signifikant högre hos de tackor som utfodrats med rödklöver jämfört med tackorna i kontrollgruppen. Detta förklarades huvudsakligen av en större volym fostervätskor. Det var ingen effekt på fostrens vikt. Progesteronkoncentrationen i serum hos rödklövergruppen var signifikant lägre än hos kontrollgruppen men det sågs ingen påverkan på tackornas fruktsamhet. Den större volymen fostervätska kan dock öka risken för slidframfall före lamning.

4.3.5 Effekter av blandat foder och av ensilage jämfört med hö

Som nämnts ovan kan det vara svårt att försörja tackor med mer än ett lamm på enbart grovfoder [6]. Näringsbehovet för optimal tillväxt hos lamm kan också vara svårt att tillgodose med bara grovfoder, även med ett ensilage med högt näringsinnehåll [11].

Utfodring med ensilage och kraftfoder blandat ger en jämnare fördelning av energi från kolhydratmetabolismen som kan användas för mikrobiell proteinsyntes i våmmen, jämfört med att ge fodermedlen separat. Ökad syntes av mikrobprotein leder till att fler aminosyror absorberas i tunntarmen vilka sedan kan användas för mjölkproduktion. Foderintaget hos tackor som utfodrades med blandat foder ökade från dag 11 till dag 42 i laktationen, vilket resulterade i ett ökat foderintag sett över hela laktationsperioden, jämfört med tackor som utfodrades med separata fodermedel [15]. En ökad tillväxt från födsel till avvänjning hos lamm i den grupp som utfodrades med blandfoder var troligen relaterad till tackornas ökade konsumtion och därmed högre mjölkavkastning. I samma serie av studier

påverkades dock inte foderintaget under dräktigheten av att blanda ensilage och kraftfoder jämfört med separat utfodring [5].

I en finsk studie utfodrades tackor med antingen hö eller ensilage, eller båda [8]. Fodermedlen var skördade vid olika tidpunkter och höet innehöll mer fibrer, mindre råprotein och hade lägre smältbarhet än ensilaget. Det var ingen signifikant skillnad i konsumerat kg ts av hö jämfört med ensilage, men ensilaget gav högre viktökning hos tackorna under dräktigheten. Det var också fler av de tackor som utfodrades med ensilage som klarade att föda upp en trillingkull, jämfört med de tackor som fick hö, och lammen växte bättre. Utfodring med både ensilage och hö gav inga fördelar när det gäller djurens prestationsförmåga under sen dräktighet och tidig laktation. I en uppföljande studie med finullslamm jämfördes utfodring av hö och ensilage som skördats vid samma tidpunkt [9]. Lammen i högruppen åt mer och hade högre tillväxthastighet och slaktkroppsvikt. Ensilaget var välkonserverat och den organiska substansens smältbarhet var något högre än för höet, men ts-halten var bara 23 %, vilket är en trolig förklaring till den lägre konsumtionen. Typ av grovfoder hade ingen effekt på slaktkroppens fettansättning eller formklass.

En norsk studie visade att konkurrensen var större när fåren utfodrades med hö jämfört med ensilage, vilket troligen beror på att höets struktur gör det lättare att skilja mellan smakliga blad och fiberrika stjälkar. Detta tyder på att även om det finns gott om rester av på hö på foderbordet kan fåren föredra att vänta på att nytt foder ska ges [16].

I en jämförelse mellan ensilage och hö till dräktiga tackor hade typen av grovfoder ingen effekt på ättiden, men ts-intaget var högre med ensilage [17]. Näringsinnehållet i de två fodermedlen rapporterades inte, vilket gör det något svårt att utvärdera resultaten. Grovfodret gavs i 100 % (semi-restriktivt) eller 120 % (*ad libitum*) mängd, räknat på tidigare konsumtion. I grupperna som utfodrades med ensilage bytte tackorna oftare plats vid foderbordet när utfodringsnivån ändrades från *ad libitum* till semi-restriktivt. Författarna drog slutsatsen att även en mindre begränsning av utfodringsnivån av grovfoder minskade ättiden och resulterade i mer köande vid foderbordet.

Tre typer av grovfoder (ensilage, hö och ammoniakbehandlad halm) jämfördes för att utvärdera effekten av en starkt begränsad grovfodergiva till tackor, vilket kan vara nödvändigt då tillgången är knapp [18]. Ensilaget hade bäst näringsinnehåll men dess ts-halt var endast 20 %. De begränsade grovfodergivorna kombinerades med hög kraftfodertilldelning. Det fanns också grupper av tackor som fick begränsad mängd kraftfoder och fri tillgång till grovfoder. Ts-intaget var högre av hö än av ensilage i grupperna som hade fri tillgång, men det var ingen skillnad i lammstillväxt hos lammen mellan dessa grupper. Ull- och träätning observerades hos tackor som utfodrades med ensilage och stora mängder kraftfoder, men inte hos motsvarande hö- eller halmgrupper eller hos dem som hade fri tillgång till grovfoder.

En norsk undersökning av faktorer som påverkar produktionen i fårbesättningar visade att en av de faktorer som positivt påverkade antalet födda lamm per tacka var andelen gräsensilage av den totala grovfodermängden [19]. Författarna drog dock också slutsatsen att alla de undersökta faktorerna endast verkade förklara en liten del av den totala variationen i resultat mellan gårdarna. En liknande undersökning om skötselmetoder förknippade med dödligheten hos nyfödda lamm i norska fårbesättningar [20] visade att utfodring med en kombination av gräsensilage och hö kan stimulera aptiten jämfört med utfodring med endast en typ av grovfoder.

4.3.6 Effekter av hacklängd och pelletering

Hackning av ensilaget gav ingen tydlig effekt på konsumtionen i ett försök med tackor i sen dräktighet och tidig laktation [5], i motsats till vad som observerats i andra studier. Ensilaget hade högt näringsinnehåll, vilket kan ha minskat effekten av hackningen. Dessutom har fodret i tidigare studier hackats före ensilering/lagring, medan det som användes i försöken av [5] och [15] hackades efter att balarna öppnats för utfodring. Att hacka vallfodret före ensilering förbättrar fermenteringsprocessen [21], vilket har en direkt effekt på foderintaget hos idisslare och ökar ensilagens smältbarhet, vilket tydligt har visat sig öka konsumtionen hos tackor [3]. Följaktligen kan effekten på intaget på grund av hackning i tidigare studier inte helt separeras från effekten av ensilagens fermenteringsprocess [5]. Både dräktiga och lakterande tackor som utfodrades med hackat ensilage ägnade i allmänhet mindre tid åt att äta och mer tid åt att idissla, jämfört med tackor som utfodrades med ohackat ensilage. Hackat ensilage gav högre tillväxt hos de avvanda lammen (444 g/dag jämfört med 373 g/dag med ohackat ensilage) utan signifikant påverkan på den konsumerade mängden, vilket tyder på ett förbättrat foderutnyttjande [15].

I en isländsk studie resulterade pelletering av hö i ökad konsumtion och minskad smältbarhet *in vivo* hos kastrerade bagglamm. Effekterna ökade med sjunkande kvalitet på höet [22]. Författarnas hypotes är att passagehastigheten blir högre när höet pelleteras, vilket leder till att konsumtionen kan öka. Detta uppväger i sin tur den minskade smältbarheten. Det fanns också en positiv effekt av pelletering på slaktvikten.

4.3.7 Effekter av utfodringssystem, fruset ensilage och gödsling

Utfodring av grovfoder i rundbalshäck är ett billigt och arbetsbesparande system. En nackdel är dock det höga foderspillet. I en norsk studie ägnade tackorna mer tid åt att äta med huvudet inne i foderhäcken när de utfodrades med halva jämfört med

hela rundbalar, vilket innebar att mer av det potentiella spillet hamnade i foderhäcken och inte på golvet [2]. Svinnet var nästan dubbelt så stort vid utfodring med hela balar. Utformningen av foderhäcken är också viktig för att få tackorna att hålla huvudet på insidan av den när de äter. Typen av grovfoder var dock den viktigaste faktorn, med högre spill av mer förvuxet och fiberrikt ensilage. Tackorna drog ut de långa fiberrika stjälkarna från foderhäcken och lämnade dem som spill på golvet. Tiden som ägnades åt att äta från golvet var mycket låg, dvs. tappat foder är en reell förlust.

Att ge tackorna grovfoder minst två gånger per dag jämfört med bara en gång gav lägre risk för dödlighet hos nyfödda lamm, enligt en norsk undersökning [20]. Författarna spekulerar i att mer frekvent utfodring stimulerar aptiten och därmed ökar konsumtionen, jämfört med utfodring bara en gång per dag. Mer frekventa grovfodergivor kan också minska konkurrensen mellan tackorna i samband med utfodringen.

Foderkonsumtionen under de första fyra timmarna efter utfodring var lägre i en grupp dräktiga tackor som utfodrades med fruset ensilage, jämfört med kontrollgruppen som fick ensilage som inte var fruset [23]. Fruset ensilage hade dock endast en måttlig effekt på det totala dagliga foderintaget. Den tid som ägnades åt att riva loss fodret var högre i gruppen som utfodrades med fruset ensilage, men den totala ättiden ökade bara måttligt. Konsumtionen ökade om ensilaget var delvis upptinat. Ts-halten hade också en inverkan; fruset ensilage med 45 % ts åts upp snabbare än ensilage med 22 % ts.

Effekten av olika gödslingsstrategier på foderintaget undersöktes i försök med kastrerade baggar [24]. Vallarna gödslades efter första skörd och fodret skördades 36-40 dagar senare. I en studie minskade konsumtionen av ensilage från det område där nötflytgödsel applicerats på ytan, jämfört med där flytgödseln hade spritts med ett myllningsaggregat eller där mineralgödsel hade använts. Regn kan ha påverkat resultaten i senare försök. Mängden klostridiesporer i ensilaget var högst efter ytspridningen av flytgödsel. Författarna drog också slutsatsen att kemisk sammansättning eller fermentationskvalitet inte alltid påverkar smakligheten hos ensilage från vallar som behandlats med flytgödsel.

4.3.8 Effekter av grovfodret på produktkvaliteten

Det är välkänt att fettsyrasammansättningen i kött och mjölk påverkas av djurets foderstat. Detta bekräftades i en svensk studie, där nivån av n-3-fettsyror i tackornas mjölk ökade när de utfodrades med enbart ensilage, jämfört med ensilage plus kraftfoder [11]. Fettsyraprofilen i lammköttet skilde också mellan grupperna på grund av att tackmjölkens fettsyraprofil påverkar avkomman. Så länge lammen diar är deras vävnaders fettsyrasammansättning i hög grad beroende av moderns foderstat. En högre andel n-3-fettsyror sägs vara fördelaktigt för människors hälsa.

I en jämförelse av olika uppfödningssystem för lamm [25] innehöll tre av dem bete och ett var baserat på inomhusutfodring med fri tillgång till ensilage plus lite kraftfoder. Alla lamm skulle slaktas vid ungefär samma levande vikt. Inomhusgruppen hade högst vikt och lägst ålder vid slakt. Det var inga skillnader i köttkvalitetssegenskaper mellan grupperna, vilket visar att bagglamm kan födas upp under olika förhållanden utan att köttkvaliteten påverkas. Fettsyror analyserades inte i denna studie.

4.3.9 Slutsatser och kunskapsluckor

Eftersom källorna för denna sammanställning är begränsade i tid och geografi finns det ämnesområden som inte täcks, t.ex. effekten av ts-halten på foderintaget, eller där det bara finns en eller ett fåtal studier, t.ex. effekten av hacklängd. Andra områden har undersökts mer, t.ex. effekten av skördedatum.

Fårens konsumtion av grovfoder påverkas i hög grad av vallens skördedatum / utvecklingsstadium / halt av NDF. Får har ett selektivt utfodringsbeteende som blir mer märkbart vid utfodring av mer fiberrikt grovfoder. Tackornas näringsbehov och foderintag varierar mycket under produktionsåret. Konsumtionsförmågan minskar de sista dagarna före lamning och ökar snabbt därefter.

Ett område för framtida forskning är att utvärdera nya fodergrödor som är lämpliga för nordiska får, delvis på grund av ändrade odlingsförhållanden till följd av klimatförändringarna. Studier av produktionen bör göras på foderstater med likställd NDF-halt för att ge fåren möjlighet att ha samma konsumtion. Effekterna av utfodring med befintliga eller nya växtarter på köttkvaliteten är också av intresse.

Olika metoder för att öka grovfoderkvaliteten och konsumtionen är viktiga att studera, med målet att så mycket som möjligt minska användningen av kraftfoder med ingredienser som är ätliga för människor. Effekten av olika fermenteringsprodukter på smakligheten och därmed ensilageintaget är också värd att undersöka närmare, liksom effekten av mykotoxiner i ensilage på konsumtionen och fårens hälsa. Effekten av fodrets hacklängd på lammens konsumtion av ensilage är ett annat område där mer forskning kan behövas.

Produktionen av lammkött är svår att få ekonomiskt lönsam. Därför skulle det vara intressant med ekonomiska jämförelser av olika utfodringssystem, t.ex. antal grovfodergivor per dag eller olika utrustningars inverkan på mängden foderspill och behovet av arbetstid. Eftersom användningen av rundbalar är det dominerande systemet på nordiska fårgårdar är optimala rundbalsystem från fält till får av stort intresse.

Fårens genetik är också av intresse för framtida studier, t.ex. för att undersöka om det finns skillnader mellan olika fårraser när det gäller effektiviteten i foderutnyttjandet och för att undersöka möjligheten att avla för ökad effektivitet i foderutnyttjandet.

4.3.10 Referenser

1. Bernes, G., M. Hetta och K. Martinsson, Effects of harvest date of timothy (*Phleum pratense*) on its nutritive value, and on the voluntary silage intake and liveweight gain of lambs. *Grass and Forage Science*, 2008. 63(2): p. 212-220.
2. Kischel, S.G., I. Donnem och K.E. Boe, The effect of round-bale feeder design and roughage type on feed wastage in sheep feeding. *Animal*, 2019. 13(10): p. 2388-2396.
3. Nadeau, E., A. Arnesson och C. Helander, Effects of grass silage feed value on feed intake and performance of pregnant and lactating ewes and their lambs. *Grass and Forage Science*, 2016. 71(3): p. 448-457.
4. Nadeau, E., et al., Digestibility and protein utilization in wethers fed whole-crop barley or grass silages harvested at different maturity stages, with or without protein supplementation. *Journal of Animal Science*, 2019. 97(5): p. 2188-2201.
5. Helander, C., et al., Effects of chopping grass silage and mixing silage with concentrate on feed intake, dietary selection, chewing activity and faecal particle size of ewes in late pregnancy and early lactation. *Livestock Science*, 2014. 163: p. 69-79.
6. Bernes, G. och L. Stengarde, Sheep fed only silage or silage supplemented with concentrates. 1. Effects on ewe performance and blood metabolites. *Small Ruminant Research*, 2012. 102(2-3): p. 108-113.
7. Norgaard, P., et al., Metabolic challenges in late pregnancy in multiparous ewes fed silage or hay. *Acta Veterinaria Scandinavica, Supplementum*, 2003 (supp. 98): p. 248-249.
8. Sormunen-Cristian, R. och L. Jauhiainen, Comparison of hay and silage for pregnant and lactating Finnish Landrace ewes. *Small Ruminant Research*, 2001. 39(1): p. 47-57.
9. Sormunen-Cristian, R. och L. Jauhiainen, Comparison of hay and silage for growing Finnish Landrace lambs. Multi-function grasslands: quality forages, animal products and landscapes. *Proceedings of the 19th General Meeting of the European Grassland Federation, La Rochelle, France, 27-30 May 2002*, red. J.L. Durand, et al. 2002, Versailles cedex, Frankrike: Organizing Committee of the European Grassland Federation. 230-231.
10. Jalali, A.R., et al., Effect of stage of maturity of grass at harvest on intake, chewing activity and distribution of particle size in faeces from pregnant ewes. *Animal*, 2012. 6(11): p. 1774-1783.
11. Bernes, G., T. Turner och J. Pickova, Sheep fed only silage or silage supplemented with concentrates 2. Effects on lamb performance and fatty acid profile of ewe milk and lamb meat. *Small Ruminant Research*, 2012. 102(2-3): p. 114-124.
12. Sarkijarvi, S., et al, Effect of grass species and cutting time on *in vivo* digestibility of silage by horses and sheep. *Livestock Science*, 2012. 144(3): p. 230-239.

13. Bernes, G., M. Hetta, och K. Martinsson, Vallfodrets kvalitet påverkar lammens konsumtionsförmåga, i *Nytt från institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap*. 2006, Sveriges lantbruksuniversitet: Umeå.
14. Mustonen, E., et al., Fertility and growth of nulliparous ewes after feeding red clover silage with high phyto-oestrogen concentrations. *Animal*, 2014. 8(10): p. 1699-1705.
15. Helander, C., et al., Effects of chopping grass silage and of mixing silage with concentrate on feed intake and performance in pregnant and lactating ewes and in growing lambs. *Small Ruminant Research*, 2014. 116(2-3): p. 78-87.
16. Boe, K.E. och I.L. Andersen, Competition, activity budget and feed intake of ewes when reducing the feeding space. *Applied Animal Behaviour Science*, 2010(125): p. 109-114.
17. Boe, K.E., A.M. Ottosen och I.L. Andersen, Feed intake and competition in ewes on *ad libitum* or semi-restricted feeding of grass silage and hay. *Journal of Animal Science*, 2012. 90(11): p. 4014-4019.
18. Lind, V., Effects of feeding limited roughage to sheep on ewe performance, economic aspects and behaviour. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, 2002. 52(2): p. 65-71.
19. Simensen, E., P.S. Valle, och S. Vatn, A mail survey of factors affecting performance in 627 selected sheep flocks in south-eastern Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, 2010. 60(3): p. 194-201.
20. Holmoy, I.H., et al., Housing conditions and management practices associated with neonatal lamb mortality in sheep flocks in Norway. *Preventive Veterinary Medicine*, 2012. 107(3-4): p. 231-241.
21. Nadeau, E. och H. Auerbach. Effects of particle size and chemical additives on fermentation and aerobic stability of grass-clover silage. i *5th Nordic Feed Science Conference*. 2014. Uppsala, Sverige, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet.
22. Larusson, T. och J. Sveinbjornsson, The effect of pelleting hay upon feed intake, digestibility ,growth rate and energy utilization of Icelandic lambs. *Proceedings of the 7th Nordic Feed Science Conference*, Uppsala, Sweden, 14-15 June 2016, 2016: p. 67-72.
23. Boe, K.E. och I. Donnem, The effect of frozen grass silage on the feed intake and feeding behavior of pregnant ewes. *Journal of Animal Science*, 2015. 93(10): p. 4819-4825.
24. Heikkilä, T., et al., Effect of slurry application on grass and silage quality and intake in sheep. *Land use systems in grassland dominated regions. Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation*, Luzern, Switzerland, 21-24 June 2004, red. A. Luscher, et al. 2004, Zürich, Schweiz: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich. 1119-1121.
25. Stenberg, E., et al., Carcass characteristics and meat quality attributes in lambs reared indoors, on cultivated pasture, or on semi-natural pasture. *Agricultural and Food Science*, 2020. 29(5): p. 432-441.

4.4 Renar

Birgitta Åhman, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd, SLU

4.4.1 Forskningsresultat

Även om de delvis är domesticerade och ägs av renskötare, är majoriteten av renarna i Fennoskandien fritt strövande och beroende av naturliga betesmarker året runt [1-3]. Trots detta behövs ibland stödutfodring på grund av brist på betesmarker eller ogynnsamma väderförhållanden (främst hård snö eller is som täcker betesmarkerna). Förlust av mark till konkurrerande aktiviteter och ett förändrat klimat har ökat behovet av utfodring [4]. Renar utfodras vanligtvis med spannmålsbaserad pellets i kombination med gräsensilage eller hö och ibland en begränsad mängd renlavar. Många renskötare i Sverige och Norge föredrar att utfodra med enbart spannmålsbaserat foder på grund av negativa erfarenheter av att utfodra med hö eller ensilage [2]. Användningen av hö eller ensilage är vanligare i Finland där tillskottsutfodring av renar har varit vanligt förekommande under en längre tid och där många renskötare har mark för att odla sitt eget hö/ensilage [3].

Negativa effekter på renarnas hälsa av att utfodra dem med hö/ensilage har sammanfattats av Josefsen och Sundset [5] och Åhman et al [1], särskilt avsnitt 4.1.3.1; 4.2.1; 4.2.5, där det vanligaste problemet är gräsackumulering i våmmen (se nedan).

De flesta försök med hö- och gräsensilage till renar har gjorts av ett fåtal forskargrupper (Syrjälä-Qvist vid Helsingfors universitet, Aagnes, Mathiesen och medarbetare vid Tromsø universitet samt Nilsson och medarbetare vid Sveriges lantbruksuniversitet).

Syrjälä-Qvist [6, 7] gjorde ett försök där man undersökte hur renar utnyttjade gräsensilage jämfört med får av samma ålder och kön (tre djur vardera, som alla fick alla foder). Ensilaget var en tredje skörd av främst hundäxing (*Dactylis glomerata*) (skördat vid tre tillfällen med en veckas mellanrum). Ensilaget innehöll 24,5-25,2 % ts, 14,5-15,9 % råprotein, 27,2-28,0 % råfiber och *in vitro*-smältbarheten av organiskt material var 69,6-70,2 %. Foderkonsumtionen var betydligt lägre hos renar (16 g ts/kg levande vikt per dag) än hos får (27 g ts/kg levande vikt per dag), och den skenbara smältbarheten av protein var också lägre hos renar (69 %) jämfört med får (75 %). Vommens funktion (mätt med pH, VFA och relativ volym av ciliater och bakterier) tyder starkt på att renar inte utnyttjar gräsensilage lika bra som får.

Tidiga studier av olika foder till renar (blandade hjordar med vajor och kalvar) under hela vinterperioden gjordes av Nieminen et al. [8]. Renar som utfodrades med enbart lav konsumerade mer torrsbstans (2,4 kg/d) än de som utfodrades med lika stora mängder lav och hö (1,7 kg/d). Renar som utfodrades med enbart hö

konsumerade ännu mindre (1,2 kg/d). Trots *ad libitum*-utfodring ökade de flesta renarna inte i vikt under utfodringsperioden.

Aagnes et al. gjorde flera försök med att testa olika kvaliteter av gräsenilage till vuxna renar och kalvar [9-12]. De använda ensilagen (gjorda av timotej eller blandat gräs) varierade i kemisk sammansättning (cellulosa låg i intervallet 18,7–30,4 % och vattenlösliga kolhydrater/WSC varierade från 10 till 30 %) men alla verkade vara mycket smakliga. Smältbarheten varierade mellan de olika ensilagekvaliteterna (organiskt material från 63,4 %, för ensilage med 10 % WSC, upp till 86,6 % för ensilage med mest WSC). Inga matsmältningsstörningar observerades. Vuxna djur ökade i allmänhet i vikt under den första utfodringsveckan, vilket verkade vara en effekt av ökad fyllnad av våmmen/retikulum, men ökade inte nämnvärt i vikt efter detta. Renkalvar som utfodrades med bladensilage (återväxt) behöll sin kroppsvikt, medan de som utfodrades med ensilage från första snittet förlorade betydande kroppsvikt, när effekten av ökad digesta korrigerades. I ett ytterligare experiment [13] utfodrades renkalvar med ett första snitt av timotejbladsensilage (97 % blad, 21 % cellulosa och 28 % WSC). Foderintaget var upp till ca 1,2 kg ts per dag och djuren gick i allmänhet upp i vikt. I ett annat experiment [14] visades att blandning av ensilage med melass (ökade WSC från 8,2 till 16,0 % av foderstaten) ökade foderintaget signifikant, men att foderintaget var högst i en grupp som endast utfodrades med hö från samma gräs som ensilaget. Resultaten från *in vivo*- och *in vitro*-försöken skilde sig åt, eftersom *in vivo*-försöken visade lägst smältbarhet för hö och ingen signifikant skillnad beroende på om melass tillsattes eller inte, medan ts-mättnaden av cellulosa i *in vitro*-försöket var signifikant högre för renar som utfodrades med blandfoder jämfört med dem som utfodrades med enbart ensilage, och medelhög för dem som utfodrades med hö. Total VFA var högst för renar som utfodrades med hö. Författarna drar slutsatsen att den bladiga timotejen som konserveras som hö är mer lämplig för renar än ensilage som framställs av samma gräs.

Mer detaljerade studier av våmmens funktion gjordes som en del av ovanstående experiment av Aagnes och medarbetare. Morfologin hos våmpapillerna skilde sig åt beroende på diet. Renar som utfodrades med ensilage med lågt innehåll av cellulosa (19%) uppvisade en högre faktor för utvidgning av våmmens yta än de som utfodrades med ensilage med mer cellulosa (30%) [15]. Patologiska lesioner i våmmens slemhinna hittades hos renar som utfodrats med ensilage eller spannmålsbaserade pellets (mer hos dem som utfodrats med ensilage, medan lesioner var ovanliga hos frigående eller lavutfodrade renar [16]. Lesionerna verkade dock inte påverka djurens hälsa. Antalet leukocyter (yö T-celler) visade sig vara kopplat till de dietinducerade lesionerna [17].

Olsen et al. [18] rapporterar om misslyckad cellulolys i våmmen hos en av tre renkalvar som utfodrades med timotejensilage (76 % blad, 25 % cellulosa, 20 % WSC) i metabolismburar i 48 dagar. Dessa renar hade en stor mängd våminnehåll,

högt pH i våmmen och låg VFA. Olsen et al. [19][20] fann ingen skillnad i livskraftiga populationer av våmbakterier beroende på kvaliteten på timotejensilage (första skörd, 27 % blad, 6,2 % WSC, eller återväxt med 89 % blad, 30 % WSC).

Nilsson et al. [21] utfodrade två ensilagekvaliteter, ett torrt och ett vått (39 % respektive 53 % ts; 7,6 % WSC, 57 % NDF, 31 % ADF och 13,5 % WSC, 54 % NDF, 29 % ADF), till årskalvar (17 månader vid försökets början) i tre eller fem månader. Ensilagens kvalitet påverkade inte foderintaget eller vikten. Renarna tillbringade större delen av sin tid runt utfodringsplatsen och verkade hungriga, trots att det fortfarande fanns ensilage kvar. Flera renar visade tecken på sjukdom och två dog till och med. I andra försök av samma grupp utfodrades renkalvar med gräsensilage kombinerat med antingen 30 % eller 60 % korn [22], eller kombinerat med kommersiellt spannmålsbaserat renfoder, 60 % eller 80 % [23]. I det första försöket började hälsoproblemen (våmstörningar, avmagring och infektioner) hos de flesta renarna efter 4–7 veckor i båda grupperna och nio (av totalt 75) renar dog eller måste slaktas. De renar som anpassade sig till dieten med hög kornhalt verkade klara sig bra och ökade i BM, men de som fick dieten med låg kornhalt konsumerade betydligt mindre foder och ökade i BM. I det andra försöket förblev renarna friska. Båda dieterna resulterade i en avsevärd ökning av BM och skilde sig inte åt mellan dieterna (även efter korrigering för viss skillnad i våminnehåll) även om ts-, råprotein- och energiintaget var högre på HC-dieten.

Ett experiment utfördes av Nilsson och medarbetare [24, 25] i syfte att utvärdera skillnaden mellan olika utfodringsstrategier för renars anpassning till ny kost. Efter att ha utfodrats med en "naturlig" diet (renlav kombinerad med buskar och blad) och sedan utsatts för en 9-dagarsperiod av foderbrist, utfodrades renarna antingen med en full ration av den naturliga dieten, kommersiellt spannmålsbaserat foder (pellets) kombinerat med antingen 20% lav eller 20% gräsensilage, eller initialt endast ensilage (2% WSC, 52% NDF, 31% ADF, 4% lignin) och efter fem dagar en gradvis ökning av pellets upp till 80%. Några av renarna som utfodrades med pellets fick diarré men återhämtade sig. Flera renar i ensilagegruppen hade inledningsvis allvarliga hälsoproblem (undernäring och så kallad våt mage), vilket ledde till förlust av djur, och denna grupp uteslöts därför från försöket. Den kombinerade dieten med 20% ensilage och 80% pellets fungerade bra och resulterade i ökad vikt och kroppsfett. Renar som utfodrades med pellets och lavar fick betydligt mer våmfri kroppsmassa än de som utfodrades med pellets och ensilage [24]. Ts-halt i våmmen, pH och total VFA, enskilda VFA och antal protozoer per g skiljde sig inte åt beroende på om pellets hade kombinerats med lav eller ensilage [25]. Det totala antalet odlingsbara bakterier var signifikant högre hos renar som fått en del lav och antalet bakterier som utnyttjade laven var betydligt högre (nästan lika högt som hos renar som fått 80 % lav).

Wallsten [26] undersökte smältbarheten *in vivo* och *in vitro* av olika kombinationer av gräsensilage (två kvaliteter, 0,2 % WSC, 51 % NDF, 33 % ADF,

6 % lignin, respektive 1,6 % WSC, 42 % NDF, 30 % ADF, 7 % lignin) och renlavar med hjälp av 9 månader gamla renar och våmvätska från både renar och nötkreatur. Alla renar åt nästan alla lavar, medan konsumtionen av ensilage varierade mellan individerna. De flesta renar ökade sin kroppsvikt något under försöket. Våmfyllnaden var högre hos renar som utfodrats med 80 % ensilage än hos dem som utfodrats med 80 % lav. Smältbarheten *in vivo* och *in vitro* överensstämde mycket väl för ensilagen (cirka 75 %), medan smältbarheten för lavar var lite högre *in vivo* än *in vitro* (67 %), vilket tyder på att lavar behöver mer tid för fullständig smältning. Smältbarheten *in vitro* i våmvätska från nötkreatur var liknande den i våmvätska från renar för ensilage, men skilde sig avsevärt för lavar (15 % smältbarhet i våmvätska från nötkreatur).

Det har funnits farhågor om eventuella negativa effekter på renarnas naturliga betesmarker av utfodring av frilevande renar. Effekter på vegetation undersöktes [27] och man fann en ökning i utbredning och höjd av *Deschampsia flexuosa* på områden där renar hade utfodrats under tidigare vintrar. De fann också lägre utbredning av *Dicranum* sp., *Pleurozium schreberi* och vissa dvärgbuskar på marker där renarna hade utfodrats med gräsensilage och där resterna inte hade rensats bort, jämfört med kontrollerna. Vissa dvärgbuskar, t.ex. *Calluna vulgaris*, visade en liknande respons efter den andra vintern. Kväveinnehållet ökade också i vissa buskar som en effekt av att hö eller ensilage spreds på marken. Författarna drog slutsatsen att utfodring på naturliga betesmarker i skogen kan leda till gradvisa förändringar mot mer näringsrika skogstyper.

4.4.2 Slutsatser och kunskapsluckor

Renar får vanligtvis tillskottsfoder för att säkra djurens hälsa och överlevnad när de naturliga betesmarkerna är otillräckliga eller otillgängliga [1]. Maximering av tillväxt eller produktion är sällan det primära målet. Dessutom kan renarna vara i ganska dåligt skick när utfodringen påbörjas, vilket kan försvåra anpassningen till en ny diet. De viktigaste egenskaperna hos ett tillskottsfoder är därför att det inte orsakar matsmältningsproblem och att det ger tillräckligt med energi och näringsämnen för att upprätthålla kroppskonditionen.

En tillräckligt hög smältbarhet verkar vara en nyckelfaktor när det gäller hö eller ensilage. Detta säkerställs främst genom ett högt innehåll av blad och vattenlösliga kolhydrater och ett lågt innehåll av fiber. Det verkar vara svårt att producera hö eller ensilage med tillräckligt hög smältbarhet för att ge renar som enda foder. Undantagen är ensilage som produceras i ett nordligt, svalt klimat med mycket solljus på sommaren (som i Tromsöområdet). Foderackumulering i våmmen, när renen inte kan smälta fodret tillräckligt snabbt, är ett återkommande och allvarligt problem som till och med kan leda till att djuren dör. Den hygieniska kvaliteten är uppenbarligen också en nyckelfaktor för att säkerställa en god djurhälsa.

I vissa av experimenten verkade timotej som konserverats som hö vara mer lämpligt för renar än ensilage som tillverkats av samma gräs. Det är dock oklart varför detta skulle vara fallet, och det verkar osannolikt att detta skulle vara en allmän regel.

Trots det stora intresset för vallfoder till renar uppstår ofta problem och det finns fortfarande ganska stora kunskapsluckor. Renskötare har uttryckt ett behov av mer praktiska rekommendationer om hur man bedömer ensilagens näringsmässiga och hygieniska kvalitet och lämplighet för renar [2].

Det skulle också vara värdefullt att testa kombinationer av gräs och andra växter i vallarna för att uppfylla renarnas krav, och även hur man kombinerar hö/ensilage med andra foder för att skapa en lämplig diet. Ett annat ämne för undersökning skulle vara effekten av förberedelse av hö eller ensilage före utfodring, t.ex. genom att skära det i mindre bitar (en metod som används av vissa renskötare, främst i Finland), på renarnas förmåga att smälta fodret.

4.4.3 Referenser

1. Åhman, B., G.L. Finstad och T.D. Josefsen, Feeding and associated health problems, i Reindeer and caribou: health and disease, M. Tryland och S.J. Kutz, redaktörer. 2018, Taylor & Francis: Boca Raton. s. 135-156.
2. Horstkotte, T., et al, Tillskottsutfodring inom renskötseln - Resultat från en workshop med renskötare och forskare från Norge, Sverige och Finland. 2020: Umeå. s. 36.
3. Turunen, M. och T. Vuojala-Magga, Past and Present Winter Feeding of Reindeer in Finland: Herders Adaptive Learning of Feeding Practices (Renskötarnas adaptiva lärande av utfodringsmetoder). Arctic, 2014. 67(2): p. 173-188.
4. Åhman, B., et al, Role of supplementary feeding in reindeer husbandry, i Reindeer Husbandry and Global Environmental Change: Pastoralism in Fennoscandia Earthscan Studies in Natural Resource Management, T. Horstkotte, et al, Editors. 2022, Routledge: New York. s. 232-248.
5. Josefsen, T.D. och M.A. Sundset, Utfodring av renar och sjukdomar i samband med utfodring. Foring og foringsbetingede sjukdommer hos rein. Norsk Veterinærtidsskrift, 2014. 126(2): p. 162-171.
6. Syrjala-Qvist, L., Jämförelse av renars och fårs utnyttjande av gräsenilage. 1. Smaklighet, utfodringsvärden och näringstillförsel. Finlands vetenskapliga lantbrukssällskaps tidskrift, 1982. 54(2): p. 119-126.
7. Syrjala-Qvist, L., Jämförelse av renars och fårs utnyttjande av gräsenilage. 2. Rommens fermentering och mikrobiota i våmmen. Finlands vetenskapliga lantbrukssällskaps tidskrift, 1982. 54(2): p. 127-135.
8. Nieminen, M., A.S. Pokka, and U. Heiskari, Artificiell utfodring och näringsstatus hos semidomesticerade renar under vintern. Rangifer, 1987. 7(2): p. 51-58.

9. Aagnes, T.H., A.S. Blix, and S.D. Mathiesen, Food intake, digestibility and rumen fermentation in reindeer fed baled timothy silage in summer and winter. *Journal of Agricultural Science*, 1996. 127: p. 517-523.
10. Aagnes, T.H. och S.D. Mathiesen, Rundbalat gräsensilage som foder till renar på vintern. *Rangifer*, 1995. 15(1): p. 27-35.
11. Aagnes, T.H. och S.D. Mathiesen, Gross anatomy of the gastrointestinal tract in reindeer, free-living and fed baled timothy silage in summer and winter. *Rangifer*, 1996. 16(1): p. 31-39.
12. Sara, E., et al, Gras som krisefor til rein, i Forskningsinformasjon om rein og reindrift. 1997, Reindriftens Fagråd, Forskningsformidlingen, Universitetet i Tromsø, 9037 Tromsø.
13. Norberg, H.J. and S.D. Mathiesen, Feed intake, gastrointestinal system and body composition in reindeer calves fed early harvested first cut timothy silage (*Phleum pratense*). *Rangifer*, 1998. 18(2): p. 65-72.
14. Moen, R., et al, Digestion of timothy silage and hay in reindeer. *Rangifer*, 1998. 18(1): p. 35-45.
15. Josefsen, T.D., T.H. Aagnes, and S.D. Mathiesen, Influence of diet on the morphology of the ruminal papillae in reindeer calves (*Rangifer tarandus tarandus* L.). *Rangifer*, 1996. 16(3): p. 119-128.
16. Josefsen, T.D., T.H. Aagnes, and S.D. Mathiesen, Influence of diet on the occurrence of intraepithelial microabscesses and foreign bodies in the ruminal mucosa of reindeer calves (*Rangifer tarandus tarandus*). *Zentralblatt für veterinärmedizin. Reihe A*, 1997. 44(5): p. 249-57.
17. Josefsen, T.D. och T. Landsverk, Increase in gamma delta T cells in the ruminal mucosa of reindeer calves (*Rangifer tarandus tarandus* L.) induced by baled grass silage. *Veterinär immunologi och immunopatologi*, 1997. 60(1-2): p. 197-202.
18. Olsen, M.A., T.H. Aagnes och S.D. Mathiesen, Failure of cellulolysis in the rumen of reindeer fed timothy silage. *Rangifer*, 1995. 15(2): p. 79-86.
19. Olsen, M.A., T.H. Aagnes och S.D. Mathiesen, The effect of timothy silage on the bacterial population in rumen fluid of reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) from natural summer and winter pasture. *Fems Mikrobiologi Ekologi*, 1997. 24(2): p. 127-136.
20. Olsen, M.A. och S.D. Mathiesen, The bacterial population adherent to plant particles in the rumen of reindeer fed lichen, timothy hay or silage. *Rangifer*, 1998. 18(2): p. 55-64.
21. Nilsson, A., I. Olsson och P. Lingvall, Jämförelse mellan gräsensilage med olika torrsbstansinnehåll som utfodras till renar under vintern. *Rangifer*, 1996. 16(1): p. 21-30.
22. Nilsson, A., I. Olsson och P. Lingvall, Utvärdering av ensilagefoder till renkalvar avsedda för slakt. I. Utfodring med ensilage och korn från september till mars. *Rangifer*, 1996. 16(3): p. 129-138.

23. Nilsson, A., I. Olsson och P. Lingvall, Utvärdering av ensilagefoder till renkalvar avsedda för slakt. II. Utfodring med ensilage och kraftfoder från januari till mars. Rangifer, 1996. 16(3): p. 139-146.
24. Nilsson, A., et al., Health, body condition and blood metabolites in reindeer after submaintenance feed intake and subsequent feeding. Rangifer, 2000. 20(4): p. 187-200.
25. Nilsson, A., et al., Rumenfunktion hos renar (*Rangifer tarandus tarandus*) efter foderintag och efterföljande utfodring. Rangifer, 2006. 26(2): p. 73-83.
26. Wallsten, J., In vivo and in vitro digestibility of lichens and silage for reindeer, i Institutionen för husdjursgenetik, Institutionen för husdjursavel och genetik. 2003, Sveriges lantbruksuniversitet, Swedish University of Agricultural Sciences: Uppsala. s. 26.
27. Turunen, M., et al., Effekter av vinterutfodring av renar på vegetation och mark i subarktis: insikter från ett utfodringsexperiment. Polar Research, 2013. 32: p. 12.

4.5 Grisar

Magdalena Åkerfeldt, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd, SLU

4.5.1 Fodervärde och potential för användning av vallgrödor som foder ingrediens till grisar

Vallgrödor används traditionellt som foder till hästar och idisslare, men i mindre utsträckning till icke-idisslande djur. På grund av sin gynnsamma protein- och aminosyrasammansättning kan vallgrödor användas som en lokalt producerad och mycket värdefull protein- och energiråvara även för enmagade djur. Forskning har visat att ensilage av vallgrödor kan ersätta delar av fodret till sugor [1] och växande grisar [2, 3, 4, 5, 6, 7]. För grisar begränsar det höga innehållet av växtfibrer proteinutnyttjandet. Tidig skörd kan gynna proteinets smältbarhet eftersom förhållandet mellan blad och stam är högre i mindre mogna växter. En avgörande faktor för att optimera foderstaten till grisar är dock proteinets kvalitet, dvs. sammansättningen av specifika aminosyror och deras smältbarhet. Forskning har visat att ensilage, i tillägg till halm, ökar grisarnas möjligheter att konsumera foder, rota och tugga [8, 9]. Foderstater ger dessutom längre mättnadsperioder och minskar risken för magsår, både när de utfodras som helsädesensilage i t.ex. foderhäckar och som komplement till halm [10] och med en mindre partikelstorlek som ingår i grisarnas foderranson [6].

Även om grisar endast använder foder i begränsade mängder kan foderbaserade bioraffinerade proteinfoder potentiellt öka användningen av foder till grisar och andra enmagade djur med begränsad förmåga att smälta fiber. Extrahering av proteinerna till en flytande fraktion genom bioraffinering ökar biotillgängligheten för de lösliga proteiner som finns kvar i juicefraktionen och kan därför vara ett bättre alternativ för grisar. Från juicefraktionen kan proteinerna separeras till en pasta genom upphettning och centrifugering, och med ytterligare torkning kan ett torrt proteinkoncentrat också utvinnas [11, 12]. Proteinkoncentratet har ett högt proteininnehåll och en balanserad aminosyrasammansättning, jämförbar med sojamjöl, och dess potential att kunna ersätta importerat protein för grisar är därför av intresse.

4.5.2 Smältbarhet hos vallgrödor

En avgörande faktor vid optimering av grisfoder är proteinkvaliteten, dvs. sammansättningen av specifika aminosyror och deras smältbarhet. Foder förväntas minska smältbarheten av näringsämnen och energi. Eftersom energiutnyttjandet från flyktiga fettsyror som absorberas i baktarmen är lägre än från näringsämnen som absorberas i ileum, skulle en ökad andel kostfiber ha en negativ effekt på metaboliserbarheten och nettoenergiutnyttjandet. Den skenbara smältbarheten av

råa näringsämnen i produkter av lusern och rödklöver (dvs. ensilage av lusernblad, ensilage av hela lusernplantor och ensilage av hela rödklöverplantor) beräknades till 53,6, 69,9 och 63,0 % för organiskt material (OM) och 56,3, 69,3 och 58,0 % för råprotein [13]. Wüstholtz et al. [5] föreslog bättre smältbarhet av näringsämnen genom att förstöra cellstrukturen, t.ex. genom extrudering av ensilage. Men det är inte sant, Presto Åkerfeldt et al. [6] kunde dock inte bekräfta någon signifikant skillnad i den skenbara totala smältbarheten (ATTD) av OM, energi, protein och neutrala detergentfibrer, varken mellan foderstater eller mellan gräs-/klöverensilage med mindre partikelstorlek (<5 mm) och hackat ensilage (5-20 mm). När man jämförde ATTD för ensilagen fann man en stor numerisk variation (även om den inte var statistiskt signifikant) i smältbarheten av OM, energi och CP med generellt högre smältbarhet i ensilage med partikelstorlek <5 mm (31,3; 35,6 och 16,8 % jämfört med 23,6; 24,0 och 18,1 %). Den sanna fekala smältbarheten av protein i proteinkoncentrat från vitklöverplantor och -blad visade smältbarhetsvärden som varierade mellan 0,81–0,88 [14]. Enligt Stodkilde et al. [15] varierade den totala smältbarheten av torrsubstansen (ts) i proteinkoncentrat från vit- och rödklöver, lusern och engelskt rajgräs från 60,8 % till 76,5 % och den standardiserade smältbarheten av kväve från 75,4 % till 85,0 %.

4.5.3 Ensilagekonsumtion och påverkan på produktionen

Mängden färskt ensilage som kan konsumeras av grisar beror på grisens ålder (storlek), ensilagens fysiska struktur och kemiska sammansättning, t.ex. torrsubstanshalt, fiberhalt och partikelstorlek, samt ensilagens smaklighet. Suggor har större förmåga att konsumera och utnyttja näringsämnen från fiberrika foderkällor än yngre grisar. Särskilt under dräktigheten har vallgrödor potential att ge ett stort bidrag till suggornas behov av energi, aminosyror, mineraler och vitaminer. I en studie av Fernandez et al. [1] var det dagliga intaget av energi från klöverensilage, beräknat utifrån tillväxten hos dräktiga suggor, i genomsnitt 1,17 FE (foderenheter, motsvarande 7,9 MJ NE), vilket motsvarar 42 % av deras dagliga energiintag. Författarna drog slutsatsen att suggor som utfodras med måttliga mängder ensilage kan prestera bra när det gäller tillväxt, hull och foderomvandling och att ensilage kan bidra med tillräckliga nivåer av kalcium, fosfor och zink under dräktigheten.

För växande/gödande grisar är andelen ensilage i foderstaten ofta lägre. Slaktsvin (25–100 kg levande vikt) som utfodrades med gräsenilage i kombination med kraftfoder på en "hög" (100 %) nivå konsumerade ensilage, baserat på nettoenergi (MJ NE), motsvarande 4 % av sitt totala energiintag. När kraftfodergivan begränsades till en "låg" nivå (70 %) ökade ensilageintaget till 5–6 % av det totala NE-intaget [16]. Grisarnas prestationsförmåga var i allmänhet god, men den "låga" kraftfodergivan minskade grisarnas dagliga tillväxt trots att foderomvandlingsförhållandet ökade och med en motsvarande ökning av

köttinnehållet. Wallenbeck et al. [4] fann sämre tillväxt hos växande slaktsvin som utfodrades med foder där 20 % (energibas) ersattes med gräs-/klöverensilage, antingen som intakt ensilage i ensilagehäckar eller hackat ensilage blandat med spannmålsbaserat foder. I den studien konsumerade grisarna inte hela ensilagegivan och mängden ensilage som inte gick åt uppskattades motsvara cirka 5–10 % av det utfodrade ensilaget. Trots att grisarna i ensilagebehandlingen fick 20 % mindre kommersiellt foder på energibasis jämfört med kontrollgrisarna, var deras viktökning endast 5 %-15 % lägre. Detta tyder på att gräs-/klöverensilage kan bidra med delar av näringstillförseln till grisar, men den form i vilken ensilaget utfodras är viktig för konsumtion, näringsutnyttjande och för grisarnas förmåga att konsumera ensilaget. Även när växande slaktsvin utfodrades ad libitum med cikoria- eller rödklöverensilage från hela grödan (stam, blad och blommor) i ensilagehyllan i kombination med 80 % (energibas) av det kommersiella fodret, minskade tillväxten med 15 respektive 10 % [17].

I flera studier har gräs-/klöverensilage ingått med upp till 19 % av tillväxt- och slaktsvinens tsintag [3, 5, 6] med olika effekter på tillväxt och slaktkroppsegenskaper. Bikker et al [3] drog slutsatsen att den dagliga tillväxten, energiutnyttjandet för tillväxt och slaktkroppsprocenten var lägre hos grisar som utfodrades med ensilage och att ensilageintaget under tillväxtperioden kan vara för lågt för optimal utfodring med gräsenilage. Under gödningsperioden kan dock en högre andel gräsenilage, nära 20 %, ingå i foderstaten. I studien av Presto Åkerfeldt et al [6] ingick ensilage i foderstaten med 20 % av ts, utfodrat som en total blandad foderstat (TMR). Ensilage med mindre partikelstorlek (1–3 mm) konsumerades till 96 % av grisarna, medan grisarna som utfodrades med TMR med hackat ensilage (5–20 mm) hade en lägre andel konsumerat och lämnade 23 % av det utfodrade ensilaget oätet. En minskning av partikelstorleken genom t.ex. extrudering kan förbättra näringstillgången och slutsatsen drogs att begränsad kraftfoderutfodring möjliggör konsumtion av stora mängder lusernensilage [5]. Å andra sidan var en hög andel fiber i fodret till grisar relaterat till dålig tillväxt. Ändå kan ensilage av lusern ge ett relevant bidrag till djurens proteinförsörjning i ekologisk grisuppfödning [5]. I en studie av Friman et al. [7] stod ett gräs-/klöverensilage för uppskattningsvis 20,5 % av grisarnas totala ts-intag/dag och grisarna som fick foder med ensilage hade liknande foderomvandlingsförmåga som grisar som fick kontrollfoder utan ensilage. Friman et al. (7) föreslår att färskt ensilage med en finare struktur och som utfodras som ett helfoder kan ge näringsämnen till växande grisar.

Johansson et al. (18) studerade effekten av rödklöverensilage på den intramuskulära fetthalten och fettsyrasammansättningen i ryggbiffen (*M. longissimus dorsi*), samt fetthalten och fettsyrasammansättningen i köttet efter tillagning. Grisarna åt 1,25 kg ensilage/dag, vilket motsvarade 10 % av deras totala energiintag. Resultaten visade lägre relativa halter av mättade och enkelomättade

fettsyror och högre relativa halter av fleromättade fettsyror och omega 6-fettsyror i råa ryggbiffar från grisar som utfodrats med ensilage jämfört med dem från grisar som utfodrats med konventionellt foder. Även om det fanns en skillnad i koncentrationerna av mättade, enkelomättade, fleromättade och omega 6-fettsyror mellan de råa och de tillagade filéerna, förblev förhållandet mellan omega 6/omega 3-fettsyror lågt i filéer från ensilageutfodrade grisar efter tillagning, och därmed mer fördelaktigt för mänsklig näring. Den sensoriska kvaliteten och kokförlusten hos fryst lagrad fläskfilé från grisar som utfodrats med konventionellt foder med eller utan inblandning av rödklöverensilage visade att fläsk från grisar som utfodrats med ensilage hade en syrligare smak och en kraftigare bismak än fläsk från grisar som inte fått något ensilage [19]. Ensilage hade ingen effekt på mörhet, saftighet, bismak eller luktintensitet och inga skillnader hittades för kokförlust, som i genomsnitt var 18 % i kött från grisar som utfodrades med konventionellt foder och 19 % för grisar som utfodrades med extra ensilage.

4.5.4 Total blandad foderstat (TMR) med ensilage till grisar

Att inkludera ensilage i en totalblandad foderstat (TMR) kan vara fördelaktigt för ensilagekonsumtionen och näringsutnyttjandet eftersom det hindrar grisarna från att sortera bort smakliga delar av fodret, vilket resulterar i färre ensilageavslag. Enligt Friman et al [7] konsumerade växande slaktgrisar som utfodrades med TMR med antingen hackat ensilage (4–15 mm stamlängd) eller intensivt manipulerat ensilage (<5 mm stamlängd) allt ensilage i foderstaten. Utfodringsstrategin visade tillfredsställande tillväxt hos alla grisar, och grisar som utfodrades med TMR inklusive ensilage med kortare stjälklängd (<5 mm) växte på samma sätt som grisarna på en 100% kommersiell kontrolldiet, medan grisarna med hackat ensilage (4–15 mm stjälklängd) krävde en längre period för att nå slaktvikt. Foderomvandlingsförmågan och köttinnehållet påverkades inte av ensilage, även om proteineffektiviteten och tillväxten av kött var lägre bland grisarna som fick TMR med ensilage jämfört med dem som inte fick ensilage.

4.5.5 Fraktioner från bioraffinerade färska och ensilerade vallgrödor

Cirkulär bioekonomi och bioraffinering av gröna biomassor för produktion av bioenergi har fått stor uppmärksamhet under de senaste åren [20]. Fraktioneringen av den gröna biomassan genom juicepressning resulterar i en fiberrik presskaka och en juice som innehåller lösliga proteiner, socker och vissa mineraler och som kan användas för produktion av proteinfoder till lantbruksdjur. Innehållet av råprotein och aminosyror i de raffinerade fraktionerna beror på växtart och skördetid samt separationsteknik. Under de senaste åren har forskningen fokuserat på värdekedjan

för raffineringsprocessen, inklusive valet av olika råvaror för att producera ett proteinkoncentrat [15, 11, 21].

4.5.6 Juice

När juice från färsk vall (80 % timotej och ängssvingel, 20 % rödklöver) ingick med 10 % (ts-basis) i flytande foder till grisar från 43 kg till slakt, presterade grisarna på liknande sätt som de som fick ett kontrollfoder med endast vatten tillsatt [22]. Grisarnas tillväxt låg inom samma intervall, med undantag för en något minskad tillväxt hos grisar som fick juice av vallgröda mellan dag 18–58 av studieperioden, men under hela studieperioden skilde sig inte den dagliga viktökningen åt. Foderomvandlingsförmågan och köttprocenten påverkades inte heller av ensilagejuicen. Resultaten visade också att juicen inte påverkade kött- och fettkvaliteten negativt och hade ett mer gynnsamt förhållande mellan omega 6 och omega 3 i det subkutana fettet. Författarna drog också slutsatsen att maghälsan var god hos de grisar som utfodrades med ensilagejuice [22].

Att använda färsk skörd av gräs och baljväxter begränsar möjligheterna att använda det under vintersäsongerna, men skördat och lagrat som ensilage kan det användas som en lokal foderingrediens året runt. Fodervärdet av ensilagejuice, från en blandvall av timotej och ängssvingel, i foder till grisar studerades av Keto et al [23]. Man fann ingen skillnad mellan grisar som utfodrades med ensilagejuice jämfört med grisar som fick en kontroldiet, när det gäller genomsnittlig daglig tillväxt och foderomvandlingsförmågan. Dessutom påverkades inte köttkvaliteten (pH, färg, droppförlust och sensorisk kvalitet) av juiceintaget och inga skillnader i tarmfloran kunde påvisas. Juice från färsk vall i studien av Adler et al. [22] visade ett råproteininnehåll på 204 g/kg ts och ett lysininnehåll på 50 g lysin/kg råprotein. I juicefraktioner från vitklöver, rödklöver, lusern och engelskt rajgräs i studien av Damborg et al. [11] var värdena för råprotein och lysin 282, 238, 323 och 151 g/kg ts respektive 42,7, 40,2, 48,8 och 41,1 g/kg CP. Enligt Keto et al. [23] innehöll motsvarande värden i ensilagejuicen 279 g råprotein /kg ts och 48 g lysin/kg råprotein.

4.5.7 Proteinkoncentrat

Från juicefraktionen kan proteinerna fällas ut genom värmebehandling, syrafällning och centrifugering till en grön halvtorr pasta, som kan torkas ytterligare till ett proteinkoncentrat [14, 15, 11, 12]. Intresset för torkat proteinkoncentrat har varit stort inom grisenäringen, eftersom det innehåller höga halter av råprotein (upp till 50 % av ts) och en bra aminosyrasammansättning, jämförbar med t.ex. sojamjöl. Exempel på innehåll av råprotein och aminosyror i koncentrat från vitklöver, rödklöver, lusern och engelskt rajgräs visas i Tabell 3. Ett utfodringsförsök där grisar utfodrades med proteinkoncentrat extraherat från rajgräs visade att grisarna bibehöll god tillväxt och foderomvandlingsförmåga

[23]. På motsvarande sätt skilde sig inte startgrisar, tillväxtgrisar och slaktgrisar åt när det gäller prestationsparametrar som foderintag, tillväxt och slaktvikt [24]. Med ökande inblandning av proteinkoncentrat av gräs/klöver ökade köttprocenten i slaktkropparna linjärt. Tillsatsen av proteinkoncentrat av gräs/klöver ökade också innehållet av omega 3-fettsyror och sänkte förhållandet mellan omega 6 och omega 3-fettsyror i fettvävnad, lever och *Longissimus dorsi*.

Tabell 3 Innehåll av råprotein (CP; g/kg ts) och aminosyror (g/kg ts) lysin (Lys), metionin (Met) och treonin (Thr) i proteinkoncentrat från vitklöver (planta och blad), rödklöver, lusern, engelskt rajgräs och en blandning av gräs och klöver.

	Proteinkoncentrat					Referens
	Vitklöver	Rödklöver	Lusern	Engelskt rajgräs	Gräs/klöverblandning ¹	
<i>CP</i>	450,6 (anläggning)	-	-	-	-	[14]
	530,0 (blad)	-	-	-	-	[14]
	347	343	388	240	-	[15]
	404	346	405	245	-	[11]
				339	-	[12]
	-	-	-	-	458	[24]
<i>Ly</i>	55,7 (anläggning)	-	-	-	-	[14]
	51,8 (blad)	-	-	-	-	[14]
	62.6	66.7	66.2	55.5	-	[15]
	54.2	54.4	56.7	48.9	-	[14]
				53.4	-	[12]
	-	-	-	-	57.6	[24]
<i>Met</i>	16,4 (anläggning)	-	-	-	-	[14]
	16,3 (blad)	-	-	-	-	[14]
	18.3	18.6	19.4	20.9	-	[15]
	16.2	15.7	17.4	18.3	-	[14]
	-	-	-	19.2	-	[12]
	-	-	-	-	22.7	[24]
<i>Thr</i>	45,4 (anläggning)	-	-	-	-	[14]
	43,3 (blad)	-	-	-	-	[14]
	49.5	50.4	49.9	47.6	-	[15]
	45.3	43.8	44.6	42.8	-	[14]
	-	-	-	44.2	-	[12]
	-	-	-	-	50.2	[24]

¹ 25 % rödklöver (*Trifolium pratense*; Callisto), 5 % vitklöver (*Trifolium repens*; Silvester), 33 % hybridrajgräs (italienskt rajgräs x ängssvingel) (*Festulolium*; Perseus), 8 % flerårigt rajgräs (*Lolium perenne*; Abosan 1), 8 % flerårigt rajgräs (*Lolium perenne*; Calvano 1), 16 % flerårigt rajgräs (*Lolium perenne*; Humbi 1) och 5 % rödsvingel (*Festuca rubra*; Gondolin)

4.5.8 Slutsatser och kunskapsluckor

Vallgrödor är ett intressant alternativ att inkludera i foderstaten till grisar eftersom de kan fungera som en lokalt, hållbart producerad och mycket värdefull protein- och energiingrediens. Skördad och lagrad som ensilage kan den användas som en lokal foderingrediens året runt. Även om intaget av torrs substans i ensilage beror på grisens ålder (storlek), ensilagens fysiska struktur och kemiska

sammansättning, t.ex. torrsubstanshalt, fiberhalt och partikelstorlek, samt ensilagens smaklighet, visar forskning att ensilage av vallgrödor har potential att bidra med upp till ca 40 % av dräktiga saggors dagliga energiintag. För växande grisar är dock innehållet av växtfibrer en begränsande faktor, vilket försvårar proteinutnyttjandet. Tidig skörd kan gynna proteinets smältbarhet eftersom förhållandet mellan blad och stjälk är högre i mindre mogna växter. Extraktion av växtproteiner till en flytande fraktion genom bioraffinering ökar biotillgängligheten för de lösliga proteiner som finns kvar i juicefraktionen. Efter separering och torkning kan man också utvinna ett torrt proteinkoncentrat som kan vara ett bättre alternativ för grisar. En avgörande faktor vid optimering av foder till grisar är dock proteinets kvalitet, dvs. sammansättningen av specifika aminosyror och deras smältbarhet. Innehållet av råprotein och aminosyror i ensilage och de raffinerade fraktionerna beror på växtart, skördetid och fraktioneringsteknik och uppvisar en stor variation i olika råvaror och fraktioner. Näringsämnenas smältbarhet hos grisar är inte heller särskilt väl studerad. Forskning tyder på att grisar kan prestera bra när det gäller tillväxt och slaktkroppskvalitet samt få positiva beteendeeffekter genom att inkludera ensilage av vallgrödor i sina foderrationer. Det kan dock konstateras att det behövs mer information om ensilagens näringskvalitet, innehållet av antinutritionella ämnen i vissa foder och hur väl grisarna kan tillgodogöra sig näringsämnena. Dessutom måste vallgrödornas och ensilagens fysiska form och struktur samt utfodrings tekniker uppmärksammas för framtida förbättringar.

4.5.9 Referenser

1. Fernandez, J. A., V. Danielsen, K. Soegaard, H. D. Poulsen och S. K. Jensen. 2006. "Klöver/gräsblandningar - på bete eller som ensilage - kan täcka minst hälften av dräktiga saggors foderbehov. Klövergräs - afgrasset eller ensileret - kan dække mindst halvdelen af dragtige soers naringsbehov." *DJF Rapport, Husdyrbrug* (72):27 sid.
2. Danielsen, V., L. L. Hansen, F. Moller, C. Bejerholm och S. Nielsen. 2000. *Produktionsresultat och sensorisk köttkvalitet hos grisar som utfodrats med olika mängder kraftfoder och ad lib. Klövergräs eller ensilage av klövergräs*. Redigerad av J. E. Hermansen, V. Lund och E. Thuen, *Ekologisk djurhållning i Norden. Proceedings från NJF-seminarium nr 303, Horsens, Danmark, 16-17 september 1999*. Tjele, Danmark: Danmarks forskningscenter för ekologiskt lantbruk (DARCOF).
3. Bikker P, Binnendijk G, Vermeer H, van der Peet C 2014. "Gräsen silage i foder till ekologiskt växande slaktsvin." 4:e vetenskapliga ISO FAR-konferensen "Building Organic Bridges", vid den ekologiska världskongressen, Istanbul, Turkiet, 2014, 13-15 oktober.
4. Wallenbeck, A., M. Rundgren och M. Presto. 2014. "Inblandning av gräs-/klöverensilage i foder till växande slaktsvin - påverkan på prestation och

- slaktkroppskvalitet." *Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences* 64 (3):145-153. doi: 10.1080/09064702.2015.1006668.
5. Wüstholtz, Jessica, Salomé Carrasco, Ulrich Berger, Albert Sundrum och Gerhard Bellof. 2017. "Gödning och slaktprestanda hos växande grisar som konsumerar höga nivåer av alfalfaensilage (*Medicago sativa*) i ekologisk grisproduktion." *Livestock Science* 200:46-52.
 6. Presto Åkerfeldt, M., S. Holmström, A. Wallenbeck och E. Ivarsson. 2018. "Inblandning av intensivt manipulerat ensilage i totalfoderstaten till växande grisar - påverkan på ensilagekonsumtion, näringsämnenas smältbarhet och grisarnas beteende." *Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences* 68 (4):190-201. doi: 10.1080/09064702.2020.1725104.
 7. Friman, J., T. Lundh och M. Presto Åkerfeldt. 2021. "Gräs/klöverensilage till växande slaktsvin - effekten av ensilageförbehandling och utfodringsstrategi på tillväxt och slaktkroppsegenskaper." *Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences* 70 (3-4):151-160. doi: 10.1080/09064702.2021.1993319.
 8. Olsen, AW, E-M Vestergaard och L Dybkjaer. 2000. "Grovfoder som extra bogs substrat för grisar". *Animal Science* 70 (3):451-456.
 9. Presto, M Høøk, B Algers, E Persson och HK Andersson. 2009. "Olika grovfoder till ekologiska växande/slaktande grisar - Påverkan på aktivitetsbeteende och sociala interaktioner." *Livestock Science* 123 (1):55-62.
 10. Holinger, Mirjam, Barbara Früh, Peter Stoll, Michael Kreuzer och Edna Hillmann. 2018. "Gräsen silage till växande slaktsvin i kombination med halmströ: Effekter på beteende och maghälsa." *Livestock Science* 218:50-57.
 11. Damborg, Vinni Kragbæk, Søren Krogh Jensen, Martin R Weisbjerg, Anders Peter Adamsen och Lene Stødkilde. 2020. "Skruppressade fraktioner från grönfoder som djurfoder: kemisk sammansättning och massbalanser." *Animal Feed Science and Technology* 261:114401.
 12. Ravindran, Rajeev, Sybrandus Koopmans, Johan PM Sanders, Helena McMahon och James Gaffey. 2021. "Produktion av grönt bioraffinaderiproteinkoncentrat härrörande från flerårigt rajgräs som ett alternativt foder för grisar." *Clean Technologies* 3 (3):656-669.
 13. Messinger, D., P. A. Weindl, K. Aulrich, L. Pleger, P. N. Weindl och G. Bellof. 2021. "Bestämning av den skenbara totala smältbarheten av näringsämnen i produkter av lusern (*Medicago sativa*) och rödklöver (*Trifolium pratense*) hos växande grisar." *Zuchtungskunde* 93 (5):389-405.
 14. Stødkilde, Lene, Vinni K Damborg, Henry Jørgensen, Helle N Lærke och Søren K Jensen. 2018. "Vitklöverfraktioner som proteinkälla för enmagade djur: smältbarhet av torrs substans och proteinsmältbarhetskorrigerade aminosyravärden." *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98 (7):2557-2563.
 15. Stodkilde, L., V. K. Damborg, H. Jørgensen, H. N. Lærke och S. K. Jensen. 2019. "Smältbarhet av fraktionerad grön biomassa som proteinkälla för enmagade djur." *Animal* 13 (9):1817-1825. doi: 10.1017/s1751731119000156.

16. Hansen, L. L., C. Claudi-Magnussen, S. K. Jensen och H. J. Andersen. 2006. "Effekt av ekologiska grisproduktionssystem på prestanda och köttkvalitet." *Meat Science* 74 (4):605-615. doi: 10.1016/j.meatsci.2006.02.014.
17. Presto Åkerfeldt, M., J. Nihlstrand, M. Neil, N. Lundeheim, H. K. Andersson och A. Wallenbeck. 2019. "Cikoria- och rödklöverensilage i foder till slaktsvin - påverkan på prestation, tidsbudget och sociala interaktioner." *Organic Agriculture* 9 (1):127-138. doi: 10.1007/s13165-018-0216-z.
18. Johansson, L., K. Lundström och A. Jonsall. 2002. "Effekter av RN-genotyp och ensilagefoder på fetthalt och fettsyrasammansättning i färsk och tillagad fläskkarré." *Meat Science* 60 (1):17-24. doi: 10.1016/s0309-1740(01)00100-0.
19. Jonsall, A., L. Johansson och K. Lundström. 2000. "Effekter av rödklöverensilage och RN-genotyp på sensorisk kvalitet av långtidsfrysad lagrat griskött (M. Longissimus dorsi)." *Food Quality and Preference* 11 (5):371-376. doi: 10.1016/s0950-3293(00)00010-0.
20. Corona, Andrea, Morten Ambye-Jensen, Giovanna Croxatto Vega, Michael Zwicky Hauschild och Morten Birkved. 2018. "Teknik- och miljöbedömning av det gröna bioraffinaderikonceptet: Kombination av processimulering och livscykelanalys i ett tidigt designskede." *Vetenskapen om den totala miljön* 635:100-111.
21. Stødkilde, Lene, Saman Lashkari, Jørgen Eriksen och Søren Krogh Jensen. 2021. "Förbättrad proteinåtervinning i gröna bioraffinaderier genom val av växtarter och skördetidpunkt." *Animal Feed Science and Technology* 278:115016.
22. Adler, SA, A Johansen, AK Ingvaldstad, R Eltun och EJ Gjerlaug-Enger. 2018. "Grovfoder - en lokal proteinkälla för växande grisar." Proceedings of the 9th Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sverige, 12-13 juni 2018.
23. Keto, L., I. Tsitko, S. Perttilä, S. Sarkijarvi, N. Immonen, K. Kytola, H. L. Alakomi, T. Hyytiäinen-Pabst, M. Saarela och M. Rinne. 2021. "Effekt av utfodring med ensilagejuice på grisproduktionens prestanda, köttkvalitet och tarmmikrobiom." *Livestock Science* 254:9. doi: 10.1016/j.livsci.2021.104728.
24. Stødkilde, Lene, Morten Ambye-Jensen och Søren Krogh Jensen. 2021. "Bioraffinerat ekologiskt proteinkoncentrat av gräs och klöver till växande grisar: Effekt på tillväxtprestanda och köttets fettsyraprofil." *Animal Feed Science and Technology* 276:114943.

5. Ekonomi

5.1 Ekonomi

Per Hansson, Institutionen för människa och samhälle, SLU

Mårten Lidfeldt, Mårten Lidfeldt AB

Sebastian Remvig, Institutionen för människa och samhälle, SLU

5.1.1 Inledning

Innovation, värdeskapande, utveckling av nya produkter och andra former av entreprenörsverksamhet ses i hela EU som viktiga vägar för att öka jordbrukets konkurrenskraft och gårdarnas överlevnad (se t.ex. CAP:s landsbygdsutvecklingsprogram, EIP-Agri⁴ ; LRF, 2011⁵ ; EU, 2020⁶). Jordbrukssektorn genomgår en utdragen strukturomvandling och rationalisering där gårdarna minskar i antal och blir större. Detta är också fallet inom de sektorer som producerar foder i system med åkermark som tillfälligt omvandlas till gräsmark, även kallad vall. Dessa produktionssystem är komplexa och innehåller ett stort antal parametrar som används för att optimera systemet och möjliggöra uppfyllandet av produktionsmålen. Det finns en stor spännvidd i det ekonomiska resultatet av olika val av produktionsprocesser och mellan olika gårdar beroende på omständigheterna på plats och förvaltningen.

Trots stora ansträngningar för att försöka utveckla modeller och metoder för ekonomin i foder- och vallproduktion, finns det en diskussion bland forskare, rådgivare och praktiker om hur man analyserar och beskriver ekonomin i foder- och vallproduktion, och i slutändan sätter denna del av produktionen i perspektivet av hela verksamheten [1]. Ett centralt problem är insamlingen av data i de olika delarna av processen. Detta tillsammans med strukturering, syntes och analys är avgörande för en mer effektiv foder- och vallhantering. Digitaliseringen införs dessutom i snabb takt i alla delar av produktionskedjan och ger nya möjligheter att mäta och

⁴ <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/node.html>

⁵ <http://www.publishingfarm.com/uploads/Livsmedelsstrategin.pdf>

⁶ https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf

styra processen. Detta ger i sin tur möjligheter att utvärdera ekonomin i produktionskedjan.

Syftet med denna del av projektet är att identifiera kunskapsluckor i produktionskedjan, med särskilt fokus på produktionsekonomi, modellering, metoder för datainsamling, utvärdering av data och gårdsförvaltning.

En litteraturgenomgång genomfördes om ekonomin i produktionssystem för foder och vall. Resultaten diskuterades i fokusgrupper med anknytning till forskning, rådgivning och jordbrukare.

5.1.2 Litteraturöversikt

Syftet med litteraturgenomgången var, som angavs i förslaget, att identifiera nuvarande kunskap och luckor i litteraturen. En geografisk begränsning sattes till de nordiska och baltiska länderna. Från dessa sökningar hämtades 379 artiklar. Efter att ha analyserat sammanfattningarna av dessa och letat efter relevans i förhållande till syftet återstod 16 artiklar.

Artiklarna är indelade i grupper enligt följande: produktions- och foderkostnader, policy- och resursoptimering samt management.

Som en del av projektarbetet analyserades grå litteratur och andra aktiviteter som är direkt eller indirekt kopplade till leyproduktion. Sökandet efter grå litteratur i relevanta nordiska institutioner visade sig vara utmanande och det visade sig att förvånansvärt få relevanta arbeten som var kopplade till frågorna för detta arbetspaket hittades. För att ytterligare exemplifiera är det mest relevanta arbetet med fokus på produktionsekonomi, modellering, metoder för insamling av data, utvärdering av data och gårdsförvaltning i värdekedjan för vallproduktion kopplat till rådgivningsverktyg som Grovfoderverktyget, som beskrivs närmare nedan.

5.1.3 Produktionskostnader och foderkostnader

En intressant iakttagelse är att de flesta av de artiklar som identifierats inom detta område har sitt ursprung i forskningsområdet bioenergi. Detta tyder på att intresset för produktionskostnader är viktigt inom bioenergisektorn som en grund för beslutsfattande om t.ex. investeringar.

Gissén et al (2014) studerade energitillförsel och kostnader vid produktion av grödor som råvara för biogasproduktion [2] med fokus på prestanda avseende metanutbyte per hektar samt energitillförsel och kostnader vid produktion och leverans av grödor som biogasråvara. Detta perspektiv är inte tillämpligt på vallproduktion i praktiken. Dessutom görs beräkningar baserade på antaganden, t.ex. "nomaliserade avkastningar". Ändå är processperspektivet och ambitionen att diskutera problemet i termer av system och modell intressant.

En liknande metod analyserade den ekonomiska lönsamheten av att producera energigräsbränslen på marginell jordbruksmark i Sverige [3]. Författarna använde

en modell och antagna kostnader beräknas baserat på fältformer och antagna maskinkostnader. Vidare studerade Nilsson och Rosenqvist (2021) effekterna av fältförhållanden (t.ex. fältstorlek och form) och betalningar (subventioner) för miljöfördelar på lönsamheten [4]. Fokus på faktorer som fältets form är intressant i praktiken. Studien tyder på att fältets form är en viktig faktor som leder till högre kostnader. Studien bygger sina resultat på modeller, vilket är relevant för forskningens syfte att undersöka skillnader i kostnader för olika grödor. Metoden är dock mindre relevant när det gäller den verkliga kostnaden på gården.

Gunnarsson et al (2008) byggde en modell för att utvärdera hanteringssystemet som omfattar skörd, transport och ensilering av vallfoder för produktion av biogas [1]. Kostnaderna för olika transport- och skördesystem jämfördes i en strukturerad modell baserad på specifikationen för den specifika anläggningen. Detta ger intressanta synpunkter på hur man kan bygga upp en modell på t.ex. en specifik gård. Denna typ av metod, modellering för att strukturera olika typer av kostnader, används även i andra studier [5, 6]. Här användes modeller för att undersöka olika aspekter av kostnader i ensilageproduktion, t.ex. effekterna av klippfrekvenser, och även presentera dataset för beslutsstöd. Modellen är av en realistisk gård som ger resultat som är lätta att anpassa till verkliga gårdar. Beräkningarna görs baserat på en modell och med antagna indata från tillgänglig programvara för att optimera foder. Resultaten kommer närmare verkliga gårdar, men saknar fortfarande åtgärder på fältet, och pekar på konkreta gynnsamma åtgärder. Dessa kan vara vägledande vid utformningen av managementmetoder på den specifika gården.

Latvietis et al (2008) diskuterade foderkostnadernas roll i uppbyggnaden av konkurrensfördelar inom mjölkproduktionen i Lettland [7]. Detta angreppssätt hade sin utgångspunkt i en tid då branschen kämpade med låg konkurrenskraft, vilket ledde till en nedgång i mjölkproduktionen. Lösningen i det här fallet var att ha en högre andel vallfoder av det totala vallfoderinnehållet i blandvallar [7].

Grovfoderverktyget⁷ är ett webbaserat verktyg som lanserades i februari 2014. I kontakt med intressenter visar det sig att verktyget är välkänt bland rådgivare men inte så frekvent använt. Ett hinder är beräkningsmodellerna som ofta bygger på generaliseringar och data som tenderar att vara föråldrade. Detta väcker frågor om verktygets nuvarande relevans och hur det underhålls och utvecklas samt hur det implementeras i rådgivningsverksamhetens kapacitetssuppleering och utbildning.

Agriwise⁸ är ett webbaserat verktyg där man kan experimentera, planera och jämföra olika produktionsmöjligheter. De data som används i beräkningarna hämtas från organisationer inom branschen och verktyget uppdateras årligen. Verktyget kan fungera som en bas för beräkningar på gårdsnivå men tar inte riktigt hänsyn till situationen på gården och dess komplexitet.

⁷ www.grovfoderverktyget.se/?p=31048&m=4436

⁸ www.agriwise.se/web

Projektet "Räkna med vall" har som syfte att belysa hur skördenivåer, ekonomi och miljö påverkas när tvåårig blandvall introduceras i växtföljder med ettåriga grödor. Specifika mål var att visa hur produktionskostnader och lönsamhet för energi- och proteinproduktion förändras när vall till ensilage introduceras i växtföljden. Projektet bidrar till förståelsen av komplexiteten när man tar hänsyn till växtföljden som en del av den totala ekonomin på gården [8].

5.1.4 Policy- och resursoptimering

Politiken har en viktig roll när det gäller ekonomi och optimering av resurser. Den påverkar lönsamheten för olika markanvändningsalternativ. Detta är en viktig faktor i ett leyekonomiskt perspektiv [9, 10]. Det fanns dock inte mycket stöd för att genom bidragsbetalningar öka klövergräsproduktionen inom foderproduktionen i Finland [9, 10]. Författarna fann också att effekten är beroende av produktpriserna för mjölk och kött.

Trubins (2013) lyfter fram en politik för omvandling av markanvändning, i detta fall 2003 års reform av den gemensamma jordbrukspolitiken [9]. I den region som studerades ledde den förändrade politiken till ett överflöd av tillfälliga gräsytor jämfört med den uppskattade användningen för foder i området. Detta pekar i sin tur på möjligheten att foder från tillfälliga vallar leder till en mer omfattande användning av permanenta gräsmarker och träda. Detta indikerar att politiken, givet att den är ekonomiskt rationell, kan påverka valet av grödor och användningen av foder.

5.1.5 Ledning

De artiklar som kategoriserats som "Management" behandlar ett brett spektrum av frågor.

Lehtonen et al (2018) bidrar med synpunkter på avkastningen från vallproduktion från jordbrukare och andra intressenter i Finland [11]. Projektet har ett tydligt fokus på skötselmetoder. Viktiga medel för högre skördar, enligt workshopen med intressenter, var förbättrade markförhållanden med dränering och kalkning, utöver förbättrade växtföljder, bättre såddtekniker, noggrant urval av sorter och fodergräsblandningar. Intressenterna föreslog också lösningar för att förbättra både skördeavkastningen och jordbruksinkomsterna, inklusive optimerad användning av insatsvaror, fokusering av produktionen på de mest produktiva fälten och aktivt utvecklade jordbruksfärdigheter och kunskapsdelning. Ett liknande tillvägagångssätt för att involvera intressenter [12] studerades metoder för att tillämpa och analysera forskningsresultat i diskussionsgrupper bestående av jordbrukare och rådgivare. Projektet resulterade i en betydande ökning av den genomsnittliga ensilageavkastningen för gruppen, vilket i sin tur hade en stor

inverkan på ensilageproduktionskostnaderna och på ekonomin för hela gården. Några ämnen som gruppen upplevde som särskilt viktiga för deras utveckling var gräsetableringens effekt på gräsets täthet, olika gräsblandningar och medlemmarna i diskussionsgruppen. Detta ger implikationer för hur man kan utveckla effektiva metoder för att utveckla och överföra kunskap. Ett liknande tillvägagångssätt för att studera kunskapsöverföring användes av Puumala (2004) i ett projekt för att förbättra marginalerna genom att blanda foder på gården [13]. Med utgångspunkt i de vanligaste utfodringsprinciperna, att se till att det finns tillräckligt med gräsfoder av god kvalitet, studerade projektet olika sätt och tekniker för att distribuera foder och koncentrerade foderalternativ.

On farm management med fokus på entreprenörernas medvetenhet om sina egna resurser och deras utveckling är en nyckel till konkurrenskraft [14]. Förutom effektiv användning av arbetskraft hade mjölkgårdar med låga produktionskostnader också andra gemensamma egenskaper, som att de använde mer hemodlat gräsensilage per ko än andra grupper. Dessutom kan driftsledningsmetoder bidra till att förbättra effektiviteten på gårdsnivå på mjölkgårdar [15]. Det viktigaste bidraget från projektet var att undersöka aspekter som kan justeras i den dagliga driften för att förbättra gårdens effektivitet [15]. Resultaten visade att förändringar i avels- och utfodringsmetoder kan påverka effektiviteten avsevärt, vilket i sin tur betonar ledningsperspektivet som en avgörande del i jordbruksverksamheten.

5.1.6 Slutsatser och kunskapsluckor

Med det beskrivna tillvägagångssättet för litteraturgenomgången kan man dra slutsatsen att endast ett fåtal artiklar ansågs vara relevanta för temat ekonomi inom foder- och vallproduktion. Det är också intressant att konstatera att det finns en nära relation till området bioenergi.

Ledningen i förhållande till utmaningarna i lantbruksföretag studeras i ett fåtal artiklar. Detta är något förvånande eftersom vall och produktion baserad på vallproduktion är av så stor ekonomisk betydelse i det geografiska område som studien omfattar.

5.1.7 Workshop för intressenter

Baserat på litteraturgenomgången och observationer av grå litteratur kan vi dra slutsatsen att temat ekonomi i foder- och vallproduktion inte är särskilt väletablerat i litteraturen. Mot bakgrund av de utmaningar som beskrivs i projektförslaget var en viktig del av processen en workshop med intressenter. Workshopen, som hölls som en digital workshop den 8 februari 2022, gav några viktiga insikter från olika intressenter om faktiska problem. Mer detaljerade anteckningar finns i bilaga 2.

Vallproduktionen i svensk kontext är mångfacetterad. Produktionssystemen varierar från norr till söder, och även från öst till väst. Dessutom varierar vallproduktionssystemen beroende på typ av produktion med skillnader mellan mjölk, nötkött, lamm, grisar och renar.

I ett ekonomi- och managementperspektiv sätter detta fokus på behovet av mångsidiga system och modeller som kan hantera beräkningar, mätningar och analyser i olika system.

Dessutom har olika aspekter på problem på gårdsnivå och mellan gårdar tagits upp i diskussionerna med intressenterna.

- Stordriftsfördelar och minskande avkastning är ett verkligt problem på gårdsnivå. Ofta kopplat till logistiken mellan gård och fält, fältlogistik, fältform och typ av produktionssystem.
- Diversifieringen på gårdsnivå, mellan olika grödor och växtföljder, bevattning och dränering utmanar de nuvarande modellerna för ekonomisk beräkning och analys.
- Förvaltningssystemen utmanas också av olika systemansatser när det gäller val av maskiner, skördemetoder och utfodringssystem.
- Prissättningsmodeller för vall som foder tas upp som en central del i diskussionen om utvärdering av ekonomin i både växtodlings- och djurhållningsdelarna av jordbruket.

Detta leder till flera möjligheter för framtida forskning.

- Linjär programmering (LP) kan hjälpa till att bestämma det optimala odlingsmönstret och produktionsplaneringsmönstret för fodergrödor. Detta kommer att ge bränsle åt diskussionen om hur man maximerar vinsten på gårdsföretagsnivå.
- Algoritmer för maskininlärning (ML) har visat sig vara lovande alternativ och komplement till de vanligaste modelleringsmetoderna inom jordbruk och närliggande vetenskaper. ML-algoritmer har blivit populära inom växtodling och avkastningsförutsägelser. Det finns fortfarande få exempel på faktisk implementering i "verkligt" jordbruk.
- Digitalisering och precisionsodling, kopplat till vallproduktion, är fortfarande inte implementerat i ett bredare perspektiv.

5.1.8 Referenser

1. Gunnarsson, C., L. Vågström och P.A. Hansson, Logistik för skörd av grovfoder till biogasproduktion - Aktualitet, kapacitet och kostnader i en svensk fallstudie. Biomassa och bioenergi, 2008. 32(12): p. 1263-1273.
2. Gissen, C., et al., Comparing energy crops for biogas production yields, energy input and costs in cultivation using digestate and mineral fertilisation. Biomassa & Bioenergi, 2014. 64: p. 199-210.
3. Nilsson, D., H. Rosenqvist och S. Bernesson, Lönsamhet för produktion av energigräs på marginell jordbruksmark i Sverige. Biomassa och bioenergi, 2015. 83: p. 159-168.

4. Nilsson, D. och H. Rosenqvist, Lönsamhet för växtodling på små åkerfält när man tar hänsyn till ekonomiska värden av ekosystemtjänster. *Hållbarhet*, 2021. 13(23): p. 20.
5. Flaten, O., et al., Foderproduktionsstrategier för förbättrad lönsamhet i ekologisk mjölkproduktion på höga latituder. *Livestock Science*, 2019. 223: p. 97-107.
6. Flaten, O., D.M. Atsbeha och T. Lunnan, Data för att uppskatta kostnaderna för att producera gräs- och klöverensilage. *Data i korthet*, 2020. 31: p. 106003.
7. Latvietis, J., et al, Egenskaper hos grovfoder ur mjölkkostnadssynpunkt. *Latvijas Lauksaimniecības Universitāte - Raksti*, 2008(21): s. 51-56.
8. Tidåker, P., et al, Räkna med vall: Hur påverkas ekonomi och miljö när vall införs i spannmålsdominerade växtföljder? 2016.
9. Trubins, R., Förändrad markanvändning i södra Sverige: Före och efter frikoppling. *Politik för markanvändning*, 2013. 33: p. 161-169.
10. Lehtonen, H. och O. Niskanen, Främjande av klöver-gräs: Implikationer för användningen av jordbruksmark i Finland. *Land Use Policy*, 2016. 59: p. 310-319.
11. Lehtonen, H., et al., Högre skördenivåer i norra Savolax - medel och utmaningar som jordbrukare och deras nära intressenter anger. *Agriculture*, 2018. 8(7): p. 93.
12. Makila, R., A. Ella och J. Storberg. Att dela med sig av bästa praxis i diskussionsgrupper uppmuntrar jordbrukare att uppnå toppresultat. in EGF. 2018. Fermoy, Republiken Irland: Teagasc, forsknings- och innovationscentrum för djur och gräsmark.
13. Puumala, L., Ekonomisk utfodring - planering och alternativ. *Teho*, 2004(5): s. 35-36.
14. Lampinen, K., Arbetsbelastning och lönsamhet på mjölkgårdar. *Teho*, 2006(5): s. 9-10, 37.
15. Hansson, H. och B. Ohlmer, The effect of operational managerial practices on economic, technical and allocative efficiency at Swedish dairy farms. *Livestock Science*, 2008. 118(1-2): p. 34-43.

Tack

Detta projekt har finansierats genom ett anslag från Stiftelsen Lantbruksforskning (SLF), med medfinansiering från SLU. Tack till Agneta Lindsten, SLU-biblioteket, för databassökningar och sammanställning av referenslistor.

Bilaga 1. Söktermer

Crop Production

((TS=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian) OR AD= (Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian)) and TS= ((ley* or forage* or silage* or hay or haylage or grassland or meadow or grass or legume) and (timothy or fescue or clover* or lucerne or alfalfa or ryegrass* or "birdsfoot trefoil" or "goat's rue" or "common vetch" or sainfoin or chicory or caraway or "ribwort plantain" or "salad burnet" or cocksfoot or "meadow grass" or "smooth brome" or "reed canary-grass" or lotus or trifolium or medicago or vicia or lolium or festuca or "poa pratensis" or "phleum pratense" or "galega orientalis" or "dactylis glomerata" or "plantago lanceolata" or "bromus inermis" or "onobrychis viciifolia" or "cichorium intybus" or "sanguisorba minor" or "carum carvi" or "phalaris arundinacea") and (breeding or genetics or cultivar* or variet* or "forage mixture*" or "seed mixture*" or drain* or fertili* or lime or liming or (sowing near/2 (date* or rate*)) or "remote sensing" or satellite or spectr* or "precision agriculture" or "digital tool*" or harvest* or pest* or fungicide* or herbicide* or cut* or manure or slurry or urine or irrigation or "variable rate*" or (spatial near/1 (variability or variation)) or till* or drought or stress or toleran* or weed* or competit* or temperature or "crop rotation" or "root rot" or "clover rot" or scleroti* or inoculat*) and (yield* or qualit* or "winter survival" or toleran* or overwintering or "winter hardening" or harden or "dry matter" or carbohydrate* or NDF or ADF or "crude protein" or longevity or producti* or "nutrient value*" or "nutritive value" or resistan* or "growth rate" or sward or "nitrogen fixation" or "botanical composition" or digesti* or metaboli* or sustainab* or tannin* or establish* or competit* or persisten* or proportion or canopy or height* or stolon* or shoot or development* or pheno* or stem or lea* or length* or germinat*)))

Search string categories:

Geographic restriction:

TS,AD=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian)

Subject area:

TS=(ley* or forage* or silage* or hay or haylage or grassland or meadow or grass or legume)

Species:

TS=(timothy or fescue or clover* or lucerne or alfalfa or ryegrass* or "birdsfoot trefoil" or "goat's rue" or "common vetch" or sainfoin or chicory or caraway or "ribwort plantain" or "salad burnet" or cocksfoot or "meadow grass" or "smooth brome" or "reed canary-grass" or lotus or trifolium or medicago or vicia or lolium or festuca or "poa pratensis" or "phleum pratense" or "galega orientalis" or "dactylis glomerata" or "plantago lanceolata" or "bromus inermis" or "onobrychis viciifolia" or "cichorium intybus" or "sanguisorba minor" or "carum carvi" or "phalaris arundinacea")

Management:

TS=(breeding or genetics or cultivar* or variet* or "forage mixture*" or "seed mixture*" or drain* or fertili* or lime or liming or (sowing near/2 (date* or rate*)) or "remote sensing" or satellite or spectr* or "precision agriculture" or "digital tool*" or harvest* or pest* or fungicide* or herbicide* or cut* or manure or slurry or urine or irrigation or "variable rate*" or (spatial near/1 (variability or variation)) or till* or drought or stress or toleran* or weed* or competit* or temperature or "crop rotation" or "root rot" or "clover rot" or scleroti* or inoculat*)

Outcome:

TS=(yield* or qualit* or "winter survival" or toleran* or overwintering or "winter hardening" or harden or "dry matter" or carbohydrate* or NDF or ADF or "crude protein" or longevity or producti* or "nutrient value*" or "nutritive value" or resistan* or "growth rate" or sward or "nitrogen fixation" or "botanical composition" or digesti* or metaboli* or sustainab* or tannin* or establish* or competit* or persisten* or proportion or canopy or height* or stolon* or shoot or development* or pheno* or stem or lea* or length* or germinat*)

Web of Science Core Collection, 2000-2022 => 1832 poster

CAB Abstracts 2000-2022 => 2963 poster

Medline 2000-2022 => 387 poster

Scopus:

(TITLE-ABS-KEY (ley* OR forage* OR silage* OR hay OR haylage OR grassland OR meadow OR grass OR legume)) AND (TITLE-ABS-KEY (timothy OR fescue OR clover* OR lucerne OR alfalfa OR ryegrass* OR "birdsfoot trefoil" OR "goat's rue" OR "common vetch" OR sainfoin OR chicory OR caraway OR "ribwort plantain" OR "salad burnet" OR cocksfoot

OR "meadow grass" OR "smooth brome" OR "reed canary-grass" OR lotus
 OR trifolium OR medicago OR vicia OR lolium OR festuca OR "poa
 pratensis" OR "phleum pratense" OR "galega orientalis" OR "dactylis
 glomerata" OR "plantago lanceolata" OR "bromus inermis" OR "onobrychis
 viciifolia" OR "cichorium intybus" OR "sanguisorba minor" OR "carum carvi"
 OR "phalaris arundinacea")) AND (TITLE-ABS-KEY (breeding OR genetics
 OR cultivar* OR variet* OR "forage mixture*" OR "seed mixture*" OR drain*
 OR fertili* OR lime OR liming OR (sowing AND near/2 (date* OR rate*
)) OR "remote sensing" OR satellite OR spectr* OR "precision agriculture"
 OR "digital tool*" OR harvest* OR pest* OR fungicide* OR herbicide* OR
 cut* OR manure OR slurry OR urine OR irrigation OR "variable rate*" OR
 (spatial W/1 (variability OR variation)) OR till* OR drought OR stress
 OR toleran* OR weed* OR competit* OR temperature OR "crop rotation"
 OR "root rot" OR "clover rot" OR scleroti* OR inoculat*)) AND (TITLE-
 ABS-KEY (yield* OR qualit* OR "winter survival" OR toleran* OR
 overwintering OR "winter hardening" OR harden OR "dry matter" OR
 carbohydrate* OR ndf OR adf OR "crude protein" OR longevity OR producti*
 OR "nutrient value*" OR "nutritive value" OR resistan* OR "growth rate" OR
 sward OR "nitrogen fixation" OR "botanical composition" OR digesti* OR
 metaboli* OR sustainab* OR tannin* OR establish* OR competit* OR
 persisten* OR proportion OR canopy OR height* OR stolon* OR shoot OR
 development* OR pheno* OR stem OR lea* OR length* OR germinat*))
 AND (TITLE-ABS-KEY (nordic OR scandi* OR sweden OR swedish OR
 norway OR norwegian OR denmark OR danish OR finland OR finnish OR
 iceland OR icelandic OR "Faroe islands" OR baltic OR latvia OR latvian OR
 lithuania OR lithuanian OR estonia OR estonian) OR AFFIL (nordic OR
 scandi* OR sweden OR swedish OR norway OR norwegian OR denmark
 OR danish OR finland OR finnish OR iceland OR icelandic OR "Faroe
 islands" OR baltic OR latvia OR latvian OR lithuania OR lithuanian OR
 estonia OR estonian))

Begränsat till år 2000-2022: 1703 poster

Sammanlagt: 6885

Efter automatisk dublettsortering: 4043

Efter ytterligare manuell dublettsortering: 3925

Harvest and conservation

Web of Science Core Collection

TS=(ley* or forage* or silage* or hay or haylage)

AND

TS=((harvest* near/2 (method or technique)) or mowing or "pre wilt*" or wilting or shredd* or "dry matter content" or (bunker or tower or clap or trench or laboratory or mini) near/1 (silo or silage) or "glass jars" or bags or "round bale" or bale or tubes or conservation or biorefinery or chopping or proteoly* or "particle size" or "precision choppe*" or "cutting wagon" or "self-loading wagon" or baler or "plastic film" or "silage additive*" or ((addition or inoculation or inoculant or additive) near/1 (enzyme or acid* or salt or microb* or silage)))

AND

TS=("harvest* loss*" or "storage loss*" or "dry matter loss*" or ferment* or proteolys* or "aerobic stability" or "green protein" or "fiber pulp" or "protein quality" or clostridia or "silage quality" or antioxidant or "nutrient composition" or intake or "milk yield" or "average daily gain" or "animal performance")

AND

TS=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian) OR
AD= (Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian)

Limit to publication year 2000 – 2022-03-24

⇒ 303 hits

CAB Abstracts

Same search query as for Web of Science CC

⇒ 500 hits

Medline

Same search query as for Web of Science CC

⇒ 61 hits

Scopus

TITLE-ABS-KEY (ley* OR forage* OR silage* OR hay OR haylage)

AND

TITLE-ABS-KEY ((harvest* W/2 (method OR technique)) OR mowing OR "pre wilt*" OR wilting OR shredd* OR "dry matter content" OR ((bunker OR tower OR clap OR trench OR laboratory OR mini) W/1 (silo OR silage)) OR "glass jars" OR bags OR "round bale" OR bale OR tubes OR conservation OR biorefinery OR chopping OR proteoly* OR "particle size" OR "precision choppe*" OR "cutting wagon" OR "self-loading wagon" OR baler OR "plastic film" OR "silage additive*" OR ((addition OR inoculation OR inoculant OR additive) W/1 (enzyme OR acid* OR salt OR microb* OR silage)))

AND

TITLE-ABS-KEY ("harvest* loss*" OR "storage loss*" OR "dry matter loss*" OR ferment* OR proteolys* OR "aerobic stability" OR "green protein" OR "fiber pulp" OR "protein quality" OR clostridia OR "silage quality" OR antioxidant OR "nutrient composition" OR intake OR "milk yield" OR "average daily gain" OR "animal performance")

AND

TITLE-ABS-KEY (nordic OR scandi* OR sweden OR swedish OR norway OR norwegian OR denmark OR danish OR finland OR finnish OR iceland OR icelandic OR "Faroe islands" OR baltic OR latvia OR latvian OR lithuania OR lithuanian OR estonia OR estonian) OR AFFIL (nordic OR scandi* OR sweden OR swedish OR norway OR norwegian OR denmark OR danish OR finland OR finnish OR iceland OR icelandic OR "Faroe islands" OR baltic OR latvia OR latvian OR lithuania OR lithuanian OR estonia OR estonian)

Limit to publication date 2000 – 2022-03-24

⇒ 238 hits

All together; =>1102

After deduplication by Endnote: 678

After manual deduplication: **657**

After sorting after titles 374

Preliminary

After sorting after abstracts

Ensiling 66

Feeding 17

Biorefinery 13

Forage species 3

Harvest 5

Wilting 2

Storage 4

Haylage 1

Feed value for animals

Dairy cattle

Ley WP4 Dairy Cattle 2022-03-30

Web of Science Core Collection:

(TS=("ley" or "leys" or "hay" or haylage or ((forage* or silage* or roughage) near/3 (grass* or legume* or timothy or fescue* or clover* or lucerne or alfalfa or perennial* or lolium or phleum or dactylis or festuca or bromus or trifolium or medicago or "lotus corniculatus" or "onobrychis viciifolia")))) AND (TS=(Nordic

or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian) or AD=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian))

AND

TI=("dairy cow*" or "dairy cattle" or "cow") or ab=("dairy cow*" or "dairy cattle" or "cow") or ak=("dairy cow*" or "dairy cattle" or "cow")

Limit to publication year 2000-2022

⇒ 444 results

CAB Abstracts, Medline

(TS=("ley" or "leys" or "hay" or haylage or ((forage* or silage* or roughage) near/3 (grass* or legume* or timothy or fescue* or clover* or lucerne or alfalfa or perennial* or lolium or phleum or dactylis or festuca or bromus or trifolium or medicago or "lotus corniculatus" or "onobrychis viciifolia")))) AND (TS=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian) or AD=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian))

AND

TS=("dairy cow*" or "dairy cattle" or "cow") Limit to publication year 2000-2022

CAB => 580 results

Medline => 166 results

Scopus

(TITLE-ABS-KEY ("dairy cow*" OR "dairy cattle" OR "cow")) AND ((TITLE-ABS-KEY ("ley" OR "leys" OR "hay" OR haylage OR ((forage* OR silage* OR roughage) W/3 (grass* OR legume* OR timothy OR fescue* OR clover* OR lucerne OR alfalfa OR perennial* OR lolium OR phleum OR dactylis OR festuca OR bromus OR trifolium OR medicago OR "lotus corniculatus" OR "onobrychis viciifolia")))) AND (TITLE-ABS-KEY (nordic OR scandi* OR sweden OR swedish OR norway OR norwegian OR denmark OR danish OR finland OR finnish OR iceland OR icelandic OR "Faroe islands" OR baltic OR latvia OR latvian OR lithuania OR lithuanian OR estonia OR estonian) OR AFFIL (nordic OR scandi* OR sweden OR swedish OR norway OR norwegian OR denmark OR danish OR finland OR finnish

OR iceland OR icelandic OR "Faroe islands" OR baltic OR latvia OR latvian
OR lithuania OR lithuanian OR estonia OR estonian)))

Limit to publication year 2000-2022

⇒ 453 results

All together: => 1643 results

After automatic deduplication => 809 results

After further manual deduplication => 778 results

Beef cattle

Beef cattle 2022-03-30

Web of Science Core Collection

TI=("beef cattle" or "growing cattle" or "finishing cattle" or bull or bulls or steer or steers or heifer or heifers or "suckler cow*") or AB= ("beef cattle" or "growing cattle" or "finishing cattle" or bull or bulls or steer or steers or heifer or heifers or "suckler cow*") or AK=("beef cattle" or "growing cattle" or "finishing cattle" or bull or bulls or steer or steers or heifer or heifers or "suckler cow*")

AND

(TS=("ley" or "leys" or "hay" or haylage or ((forage* or silage* or roughage) near/3 (grass* or legume* or timothy or fescue* or clover* or lucerne or alfalfa or perennial* or lolium or phleum or dactylis or festuca or bromus or trifolium or medicago or "lotus corniculatus" or "onobrychis viciifolia")))) AND (TS=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian) or AD=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian))

Limit to publication year 2000 to 2022

⇒ 158 results

CAB Abstracts and Medline

TS=("beef cattle" or "growing cattle" or "finishing cattle" or bull or bulls or steer or steers or heifer or heifers or "suckler cow*")

AND

(TS=("ley" or "leys" or "hay" or haylage or ((forage* or silage* or roughage) near/3 (grass* or legume* or timothy or fescue* or clover* or lucerne or alfalfa or perennial* or lolium or phleum or dactylis or festuca or bromus or trifolium or medicago or "lotus corniculatus" or "onobrychis viciifolia")))) AND (TS=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or

latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian) or AD=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian))

Limit to publication year 2000-2022

CAB => 178 results

Medline => 42 results

Scopus

((TITLE-ABS-KEY ("ley" OR "leys" OR "hay" OR haylage OR ((forage* OR silage* OR roughage) W/3 (grass* OR legume* OR timothy OR fescue* OR clover* OR lucerne OR alfalfa OR perennial* OR lolium OR phleum OR dactylis OR festuca OR bromus OR trifolium OR medicago OR "lotus corniculatus" OR "onobrychis viciifolia")))) AND (TITLE-ABS-KEY (nordic OR scandi* OR sweden OR swedish OR norway OR norwegian OR denmark OR danish OR finland OR finnish OR iceland OR icelandic OR "Faroe islands" OR baltic OR latvia OR latvian OR lithuania OR lithuanian OR estonia OR estonian) OR AFFIL (nordic OR scandi* OR sweden OR swedish OR norway OR norwegian OR denmark OR danish OR finland OR finnish OR iceland OR icelandic OR "Faroe islands" OR baltic OR latvia OR latvian OR lithuania OR lithuanian OR estonia OR estonian)))

Limit to publication year 2000-2022

⇒ 139 results

All together: => 517 results

After automatic deduplication => 259 results

After manual deduplication => 238 results

Sheep

Web of Science Core Collection:

TS=("ley" or "leys" or "hay" or haylage or ((forage* or silage* or roughage) near/3 (grass* or legume* or timothy or fescue* or clover* or lucerne or alfalfa or perennial* or lolium or phleum or dactylis or festuca or bromus or trifolium or medicago or "lotus corniculatus" or "onobrychis viciifolia"))))

AND

TI=(sheep or lamb* or "ewe" or "ewes" or hogget* or wether or wethers or "ram" or "rams") or AB=(sheep or lamb* or "ewe" or "ewes" or hogget* or wether or wethers or "ram" or "rams") or AK=(sheep or lamb* or "ewe" or "ewes" or hogget* or wether or wethers or "ram" or "rams")

AND

TS=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian) or AD=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian)

Limited to publication date 2000-01-01 to 2022-03-30

⇒ 127 results

CAB Abstracts och Medline

TS=("ley" or "leys" or "hay" or haylage or ((forage* or silage* or roughage) near/3 (grass* or legume* or timothy or fescue* or clover* or lucerne or alfalfa or perennial* or lolium or phleum or dactylis or festuca or bromus or trifolium or medicago or "lotus corniculatus" or "onobrychis viciifolia"))))

AND

TS=(sheep or lamb* or "ewe" or "ewes" or hogget* or wether or wethers or "ram" or "rams")

AND

TS=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian) or AD=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian)

Limited to publication date 2000-01-01 to 2022-03-30

CAB: => 145 results

Medline => 35 results

Scopus:

(TITLE-ABS-KEY (sheep OR lamb* OR "ewe" OR "ewes" OR hogget* OR wether OR wethers OR "ram" OR "rams")) AND ((TITLE-ABS-KEY ("ley" OR "leys" OR "hay" OR haylage OR ((forage* OR silage* OR roughage) W/3 (grass* OR legume* OR timothy OR fescue* OR clover* OR lucerne OR alfalfa OR perennial* OR lolium OR phleum OR dactylis OR festuca OR bromus OR trifolium OR medicago OR "lotus corniculatus" OR "onobrychis viciifolia")))) AND (TITLE-ABS-KEY (nordic OR scandi* OR sweden OR swedish OR norway OR norwegian OR denmark OR danish OR finland OR finnish OR iceland OR icelandic OR "Faroe islands" OR baltic OR latvia OR latvian OR lithuania OR lithuanian OR estonia OR estonian) OR AFFIL (nordic OR scandi* OR sweden OR swedish OR norway OR norwegian OR denmark OR danish OR finland OR finnish OR iceland OR icelandic OR "Faroe islands" OR baltic OR latvia OR latvian OR lithuania OR lithuanian OR estonia OR estonian)))

Limited to publication year 2000-2022

⇒ 131 results

All together: => 438 results

After automatic deduplication: => 228 results

After further manual deduplication => 220 results

Reindeer

Web of Science Core Collection

TI=(reindeer or "rangifer tarandus") or AB= (reindeer or "rangifer tarandus") or
AK=(reindeer or "rangifer tarandus")

AND

(TS=("ley" or "leys" or "hay" or haylage or ((forage* or silage* or roughage)
near/3 (grass* or legume* or timothy or fescue* or clover* or lucerne or alfalfa or
perennial* or lolium or phleum or dactylis or festuca or bromus or trifolium or
medicago or "lotus corniculatus" or "onobrychis viciifolia")))) AND (TS=(Nordic
or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or
Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or
latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian) or AD=(Nordic or scandi*
or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or
finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or
Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian))

⇒ 16 results

CAB Abstracts and Medline

TS=(reindeer or "rangifer tarandus")

AND

(TS=("ley" or "leys" or "hay" or haylage or ((forage* or silage* or roughage)
near/3 (grass* or legume* or timothy or fescue* or clover* or lucerne or alfalfa or
perennial* or lolium or phleum or dactylis or festuca or bromus or trifolium or
medicago or "lotus corniculatus" or "onobrychis viciifolia")))) AND (TS=(Nordic
or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or
Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or
latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian) or AD=(Nordic or scandi*
or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or
finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or
Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian))

CAB => 47 results

Medline => 8 results

Scopus

TITLE-ABS-KEY ("ley" OR "leys" OR "hay" OR haylage OR ((forage* OR silage* OR roughage) W/3 (grass* OR legume* OR timothy OR fescue* OR clover* OR lucerne OR alfalfa OR perennial* OR lolium OR phleum OR dactylis OR festuca OR bromus OR trifolium OR medicago OR "lotus corniculatus" OR "onobrychis viciifolia"))) AND (TITLE-ABS-KEY (nordic OR scandi* OR sweden OR swedish OR norway OR norwegian OR denmark OR danish OR finland OR finnish OR iceland OR icelandic OR "Faroe islands" OR baltic OR latvia OR latvian OR lithuania OR lithuanian OR estonia OR estonian) OR AFFIL (nordic OR scandi* OR sweden OR swedish OR norway OR norwegian OR denmark OR danish OR finland OR finnish OR iceland OR icelandic OR "Faroe islands" OR baltic OR latvia OR latvian OR lithuania OR lithuanian OR estonia OR estonian)) AND TITLE-ABS-KEY (reindeer OR "rangifer tarandus")

Scopus => 20 results

All => 91 results

Automatic deduplication => 65

Further manual deduplication => 61

Pigs

Web of Science Core Collection

TI=(pig or pigs or swine or "hog" or "hogs" or "sow" or "sows" or piglet*) or
AB= (pig or pigs or swine or "hog" or "hogs" or "sow" or "sows" or piglet*) or
AK=(pig or pigs or swine or "hog" or "hogs" or "sow" or "sows" or piglet*)

AND

(TS=("ley" or "leys" or "hay" or haylage or ((forage* or silage* or roughage) near/3 (grass* or legume* or timothy or fescue* or clover* or lucerne or alfalfa or perennial* or lolium or phleum or dactylis or festuca or bromus or trifolium or medicago or "lotus corniculatus" or "onobrychis viciifolia")))) AND (TS=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian) or AD=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian))

Limit to publication year 2000-2022

WoSCC => 60 results

CAB Abstracts, Medline

TS=(pig or pigs or swine or "hog" or "hogs" or "sow" or "sows" or piglet*)

AND

(TS=("ley" or "leys" or "hay" or haylage or ((forage* or silage* or roughage) near/3 (grass* or legume* or timothy or fescue* or clover* or lucerne or alfalfa or perennial* or lolium or phleum or dactylis or festuca or bromus or trifolium or medicago or "lotus corniculatus" or "onobrychis viciifolia")))) AND (TS=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian) or AD=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or "Faroe islands" or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian)

Limit to publication year 2000-2022

CAB Abstracts => 73 results

Medline => 11 results

Scopus

TITLE-ABS-KEY ("ley" OR "leys" OR "hay" OR haylage OR ((forage* OR silage* OR roughage) W/3 (grass* OR legume* OR timothy OR fescue* OR clover* OR lucerne OR alfalfa OR perennial* OR lolium OR phleum OR dactylis OR festuca OR bromus OR trifolium OR medicago OR "lotus corniculatus" OR "onobrychis viciifolia"))) AND (TITLE-ABS-KEY (nordic OR scandi* OR sweden OR swedish OR norway OR norwegian OR denmark OR danish OR finland OR finnish OR iceland OR icelandic OR "Faroe islands" OR baltic OR latvia OR latvian OR lithuania OR lithuanian OR estonia OR estonian) OR AFFIL (nordic OR scandi* OR sweden OR swedish OR norway OR norwegian OR denmark OR danish OR finland OR finnish OR iceland OR icelandic OR "Faroe islands" OR baltic OR latvia OR latvian OR lithuania OR lithuanian OR estonia OR estonian)) AND TITLE-ABS-KEY (pig OR pigs OR swine OR "hog" OR "hogs" OR "sow" OR "sows" OR piglet*)

Limit to publication year 2000-2022

⇒ 56 results

All: 200

Automatic deduplication => 122

Further manual deduplication => 103

Ley economy

Web of science

TS=(profitab* or econom* or business or "cost efficien*" or "cost effect*" or "agronomic efficiency" or "economic performance" or "least cost" or "income over feed cost" or iofc or "cost benefi*" or "return rate" or financ* or investm* or "earning capacit*" or financ*) AND TS=(“ley” or “leys” or “hay” or haylage or ((forage* or silage*) near/3 (grass* or legume* or timothy or fescue* or clover* or lucerne or alfalfa or perennial* or lolium or phleum or dactylis or festuca or bromus or trifolium or medicago or "lotus corniculatus" or "onobrychis viciifolia"))) and (TS=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or “Faroe islands” or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian) OR AD=(Nordic or scandi* or Sweden or swedish or Norway or norwegian or Denmark or danish or Finland or finnish or Iceland or icelandic or “Faroe islands” or Baltic or Latvia or latvian or Lithuania or lithuanian or Estonia or estonian)) and 2022 or 2021 or 2020 or 2019 or 2018 or 2017 or 2016 or 2015 or 2014 or 2013 or 2012 or 2011 or 2010 or 2009 or 2008 or 2007 or 2006 or 2005 or 2004 or 2003 or 2002 or 2001 or 2000 (Publication Years)

Web of Science Core Collection =>160

CAB Abstracts =>196

Medline =>37

Scopus:

TITLE-ABS-KEY (profitab* OR econom* OR business OR "cost efficien*" OR "cost effect*" OR "agronomic efficiency" OR "economic performance" OR "least cost" OR "income over feed cost" OR iofc OR "cost benefi*" OR "return rate" OR financ* OR investm* OR "earning capacit*" OR financ*) AND TITLE-ABS-KEY (“ley” or “leys” OR “hay” OR haylage OR ((forage* OR silage*) W/3 (grass* OR legume* OR timothy OR fescue* OR clover* OR lucerne OR alfalfa OR perennial* OR lolium OR phleum OR dactylis OR festuca OR bromus OR trifolium OR medicago OR "lotus corniculatus" OR "onobrychis viciifolia"))) AND (TITLE-ABS-KEY (nordic OR scandi* OR sweden OR swedish OR norway OR norwegian OR denmark OR danish OR finland OR finnish OR iceland OR icelandic OR "Faroe islands" OR baltic OR latvia OR latvian OR lithuania OR lithuanian OR estonia OR estonian) OR AFFIL (nordic OR scandi* OR sweden OR swedish OR norway OR norwegian OR denmark OR danish OR finland OR finnish OR iceland OR icelandic OR "Faroe islands" OR baltic OR latvia OR latvian OR lithuania OR lithuanian OR estonia OR estonian))

Tid 2000 till 2022-03-28

⇒ 222

Tillsammans: => 615

Efter automatisk deduplicering => 398

Efter manuell deduplicering => 379

Appendix 2. Workshop

Workshopen hölls som en digital workshop den 8 februari 2022 och gav viktiga insikter från olika intressenter om faktiska problem.

Tema	Kommentarer
Värde av foder	• Ska vi skörda mer energitäta foder eller ska vi skörda mer sällan när priserna på gödningsmedel och bränsle är höga? Proteinfoder är också dyrt. Ska vi använda grovfodret som proteinkälla mer intensivt? • Räkna med smältbarheten och inte bara med proteininnehållet och kvaliteten på fodret. • Det är mer relevant att utvärdera vallkostnaderna per energienhet istället för per torrsbstans eftersom foder kan skilja sig mycket i kvalitet. • Fastställ ett pris på vallen baserat på dess näringsinnehåll • Olika priser för olika ensilage • Värden för protein och smältbarhet etc. Kostnader för kraftfoder vid utfodring med olika grovfoderkvaliteter.
Strategier för användning av binsatsvaror	• Ekonomiskt utfall av gödsling av vall. • Är det ekonomiskt att gödsla vallen för att få en bättre foderkvalitet för fåren eller ska vi köpa pelleterat foder? • Optimal kvävegiva i förhållande till fodrets fodervärde
Utvärdering av produktionskostnader	• Kostnader för vall på gårdsnivå • Foderkostnaderna per kg mjölk varierar stort och det finns behov av ytterligare forskning • Svårt att uppskatta torrsbstansförluster under skörd, ensilering och utfodring. • Transportkostnader till fält och lagringssystem • Mät och väg för att få fram den skördade fodermassan. • Digitalisering • Resultat av olika skördesystem - Effekter av skördefrekvens på ekonomi och miljö. • Ekonomi för användning av ensileringsmedel och plastfilm, skörd, ensilering och torrsbstansförluster. En utmaning att räkna ekonomi på gårdsnivå och hur man kan få vinst. • Studier på gårdarna behövs för att få relevanta referensvärden • Behov av att sammanställa olika foderkostnader • Finns det sammanställda erfarenheter av höga skördar i ekologisk produktion? • Analys för att göra en vall högavkastande på energi, protein och torrsbstans under en lång tid • Kostnaderna varierar snabbt beroende på nya skördekapaciteter och prislistor för råvaror • Dyrt att etablera vall. Hur mycket kan vi spara genom att ha vall i mer än 2-3 år?

Klimat och ekonomi	• Klimateffekter och ekonomi • Energiförluster i alla steg i foderhanteringen.
Optimering av resurser	• Alternativa kostnader för vall • Kostnader för foder som inte överlever på grund av sjukdom eller hård vinter, t.ex. rödklöver. Behov av bättre genetiskt material. Pågående SLU Grogrundprojekt om förädling av rödklöver och timotej. • Öka eller minska arealerna med vall på gårdsnivå? Alternativt odla majs.
Ledning och samarbete	• Samarbete mellan lantbrukare vid användning av bioraffinaderi från vall. • Modeller för samarbete mellan olika typer av gårdar: nötkreatur, grisar, grödor, biogas. • Samarbete mellan lantbrukare vid skörd av vall. Planera maskinsamarbetet så att skördestrategierna blir optimala. • Samarbete mellan lantbrukare i vallodling, dvs. en växtodlingsgård och en djurgård. Hur utvärderar man effekten av vallodling på innehållet av organiskt material, minskat behov av kemikalier, ökad avkastning i nästa gröda i växtföljden etc. Använda de långliggande experimenten i Sverige.