



BIOEKONOMI OCH HÄLSA
JORDBRUK OCH
LIVSMEDEL



Vall till etanolproduktion - koncept för vall i växtföljden

Carina Gunnarsson och Johanna Lund

RISE Rapport 2020:31

Vall till etanolproduktion - koncept för vall i växtföljden

Carina Gunnarsson och Johanna Lund

Abstract

Ley for ethanol production – concept for ley in the crop rotation

This report is about ley for ethanol production, with focus on the cultivation and handling, and is part of the project " Biofuel from agricultural side streams and straw in a system perspective " financed by the Swedish Energy Agency. The project is a continuation of the issue of secure raw material supply from the EU project AGROinLOG, which is about producing ethanol from straw.

In order to be cost effective, ethanol is usually produced in large-scale plants, and with straw as a feedstock a secure supply of large quantities of straw is required. Producing ethanol from ley broadens the raw material base and is an opportunity to secure the supply of raw materials, especially during years with low cereal yields or with difficult harvest conditions for the straw. Introducing ley to a cereal-dominated crop rotation gives many positive effects on the cultivation system and to subsequent crops. There need to be a market and a buyer of the crop for the grain producers to be interested in ley cultivation. This report focuses on how a concept for ley to ethanol could look from the farmer's perspective.

One question in the project was if the choice of grass and legumes variety is important. Four varieties of grass, as well as red clover and alfalfa, were harvested and collected in the project, in pure stand from Lantmännen's variety trials in Lännäs and Svalöv. The interviews with farmers conducted in the project showed that nitrogen fixating legumes such as clover and alfalfa are interesting from a farmer's perspective for the positive effects, they have on the cultivation system. They should preferably be cultivated in combination with a fast-growing grass variety. The analyses that were done to investigate how the different ley species work as substrates for ethanol and bio-oil production showed that all the tested varieties work in these processes.

In order to supply an ethanol plant with substrate all year round, the possibility to deliver both fresh and ensiled grass was studied. Fresh ley can be supplied to the plant from late May to late October. Depending on the extent of the fresh ley supply, it is complemented with silage or straw to cover the daily feedstock need.

In order to avoid losses and heating of the material before entering the plant, the fresh ley should be harvested continuously every or every second day. Also, the ley should be physically damaged or cut as little as possible during harvesting and handling. The harvesting of fresh grass can be done in two steps. First the grass is mowed and left in swaths on the field. After that a forage wagon picks up the ley followed by transport to the plant. The other option is a direct-harvesting system using a tractor with a direct cut forage wagon and a mower in the front. The grass is cut and directly put in the wagon for transport to the plant. Which system to choose depends on how much grass is to be delivered per occasion and what degree of damage to the structure that is desired before delivery. For the ensiled ley the same kind of large-scale, cost-effective harvesting system usually used for harvesting of ley for animal production is suggested, typically consisting of a mower followed by a self-propelled precision chopper with separate wagons for transport to the plant.

Essentially, three actors are involved in the delivery of ley to the ethanol plant, the farmer, the ethanol producer and a contractor who performs one or more steps in the harvesting and handling chain. Depending on the interests and conditions of the actors, two alternatives can be used to describe who is doing what. In option 1, the farmer establishes the ley and sells it on root. Then it is the buyer, or a contractor hired by the buyer, who handles harvesting, transport and storage. Depending on conditions on farm and plant, storage can be done on farm, on an intermediate storage or on plant. Option 2 means that the farmer has a more active role in cultivation, harvesting and transport and delivers the ley to the plant, either fresh at harvest or ensiled during the rest of the year.

Two alternative concepts have been identified for delivering ley to ethanol production, where the proximity to the ethanol plant is what distinguishes the concepts. The concept "close" is aimed at farms located a short distance from Agroetanol. Fresh ley grass can be delivered with tractor to the plant during the growing season and ensiled ley grass is delivered by truck from the farm. The short distance makes it more interesting to receive, primarily, liquid residual streams that are produced at the ethanol plant. For the farm "further away" it is primarily silage that can be delivered because the silage has a lower water content compared to fresh ley, which means that it has lower transport costs.

Key words: Ley grass, legumes, silage, second generation ethanol production, HTL

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport 2020:31

ISBN: 978-91-89167-13-1

Uppsala 2020

Innehåll

Abstract	1
Innehåll	3
Förord	5
Sammanfattning	6
1 Beskrivning av system och förutsättningar	8
1.1 Odlingssystemet.....	8
1.1.1 Vallodling i Sverige	8
1.1.2 Odling av vall till etanolproduktion	9
1.2 Hantering och logistik	13
1.2.1 Skörd och transport	14
1.2.2 Förbehandling	15
1.2.3 Lagring.....	16
1.3 Affärssystemet	17
1.3.1 Organisering av tillförsel.....	17
1.3.2 Erfarenheter från andra anläggningar	18
1.4 Erfarenheter från andra bioraffinaderier baserade på vall	19
1.4.1 Sverige.....	19
1.4.2 Danmark.....	20
1.4.3 Finland.....	21
1.4.4 Övriga Europa.....	21
2 Intervjuer med gårdar	21
2.1 Bakgrund och metod.....	21
2.2 Resultat	22
2.2.1 Allmänt	22
2.2.2 Odling	23
2.2.3 Hantering/logistik.....	24
2.2.4 Affärssystemet	24
3 Analyser av vallprover	25
3.1 Bakgrund och metod.....	25
3.2 Resultat	26
4 Krav på vall till etanol	27
5 Konzeptutveckling	28
5.1 Gården nära	28
5.2 Gården långt borta.....	30
6 Slutsatser och fortsatt forskning	30
7 Referenser	30

Bilaga 1. Information och egenskaper hos våra vanligaste vallgräs- och klöversorter	33
Bilaga 2. Intervjufrågor lantbrukare Östergötland.....	33

Förord

Denna rapport har tagits fram inom ramen för ett forskningsprojekt finansierat av Energimyndigheten (projektnummer 45254-1: Biodrivmedel från jordbrukets sidosrömmar och omväxlingsgrödor i ett systemperspektiv). Projektets mål var att:

1. För råvaror från jordbrukssystem, utveckla HTL-processen och uppgradering för att ta fram en bioolja som passar som drop-in i konventionellt raffinaderi.
2. Uppnå ett högt utbyte av biodrivmedel genom att producera både etanol och bioolja från samma råvara.
3. Utvidga råvarubasen genom att studera vall som en gröda i växtföljden
4. Beräkna miljöpåverkan för de framtagna biodrivmedlen.
5. Genomföra tekno-ekonomiska beräkningar för hela systemet.

Denna rapport är en utkomst från arbetet med delmål 4 och 5.

Medverkande i projektet har varit:

- RISE Jordbruk och livsmedel (projektledare)
- RISE Processum
- RISE Processkemi II
- Lantmännen
- Preem

Vi vill rikta ett stort tack till alla de som på olika sätt bidragit till genomförandet av studien!

Uppsala, mars 2020

Sammanfattning

Denna rapport handlar om vall till etanolproduktion, med fokus på odling och hantering, och är en del i det av Energimyndigheten finansierade projektet "Biodrivmedel från jordbrukets sidoströmmar och omväxlingsgrödor i ett systemperspektiv". Projektet arbetar vidare på en frågeställning om säkrad råvarutillgång från EU projektet AGROinLOG som handlar om att producera etanol från halm.

För att vara kostnadseffektiva är etanolanläggningar oftast storskaliga vilket vid halm som råvara kräver en säker tillgång på stora mängder halm. Att göra etanol av vall innebär en breddning av råvarubasen och är en möjlighet för att säkra råvarutillgången speciellt under år med låga spannmålsskördar eller med svåra skördeförhållanden för halmen. Om vall införs i spannmålsdominerande växtföljder bidrar den till många positiva egenskaper till odlingssystemet och till efterföljande grödor. För att spannmålsodlare ska vara intresserade av att odla vall måste det finnas en lönsam avsättning för skörden. Denna rapport fokuserar på hur ett koncept för vall till etanol skulle kunna se ut ur lantbrukarens perspektiv.

En viktig frågeställning i projektet var om det spelar någon roll vilket sorts vall som odlas. I projektet samlades 4 sorters gräs samt rödklöver och lusern i renbestånd in från Lantmännens sortförsök i Lännäs och Svalöv. Ur lantbrukarnas perspektiv visade de intervjuer som gjordes i projektet att kvävefixerande baljväxter som klöver och lusern är intressanta för de positiva effekter de har på odlingssystemet, de bör gärna odlas i kombination med ett snabbväxande gräs. De analyser som gjordes för att undersöka hur vallsorterna fungerar som substrat för etanol- och biooljaproduktion visade att alla undersökta sorter fungerar i dessa processer.

För att kunna förse en anläggning med substrat året runt studerades leverans och användning av både färskt och ensilerat vallgröda. Färsk vall kan tillföras anläggningen från slutet av maj till slutet av oktober. Beroende på vilken omfattning som väljs för den färska vallen kompletteras den med ensilage eller halm.

För att undvika förluster och uppvärmning av materialet innan inmatning i anläggningen bör den färska vallen skördas kontinuerligt var eller varannan dag. Vallen bör också bearbetas så lite som möjligt under skörd och bärgning. Skörd av färskt gräs kan ske i två steg. Först slås gräset och läggs i sträng. Sedan bärgas det i strängen av en vagn med pick-up, en hackvagn eller en snittvagn och kör till anläggningen. Det andra alternativet är ett direktkördesystem bestående av en traktor som drar en hackvagn och har ett frontmonterat slätteraggregat. Vilket system som ska väljas beror på hur mycket vallgröda som ska levereras per tillfälle samt vilken bearbetningsgrad som önskas innan leverans. För ensilerad vall föreslås ett storskaligt, kostnadseffektivt skördesystem med hög kapacitet, samma system som ofta används för ensilering av vall till foder, det består vanligtvis av en slättermaskin som följs av en självgående exakthack med separata vagnar för transport till anläggningen.

I huvudsak är tre aktörer inblandade i leveransen av vall till etanolanläggningen, lantbrukaren, etanolproducenten och en eventuell entreprenör som utför ett eller flera moment i skörde- och hanteringskedjan. Beroende på aktörernas intresse och förutsättningar kan två alternativ användas för att beskriva vem som gör vad. I alternativ 1 etablerar lantbrukaren vallen och säljer den på rot. Därefter är det köparen eller en av

köparen anlita en entreprenör som sköter skörd, transport och lagring. Beroende på förutsättningar på gård och anläggning kan lagring ske på gård, mellanlager eller på anläggning. Alternativ 2 innebär att lantbrukaren har en mer aktiv roll i odling, skörd och transport och levererar vallen till anläggning, antingen färskt vid skörden eller ensilerad under resten av året.

Två alternativa koncept har identifierats för leverans av vall till etanolproduktion där framför allt närheten till etanolanläggningen är det som skiljer koncepten åt. Konceptet "nära" riktar sig till gårdar som är belägna på kort avstånd till Agroetanol. Färsk vall kan levereras in med traktor till anläggning under odlingssäsongen och ensilerad vall levereras med lastbil från gården. Det korta avståndet gör det mer intressant att ta emot framför allt flytande restströmmar som uppstår på etanolanläggningen. För gården "längre bort" är det i första hand ensilerad vall som kommer i fråga eftersom ensilaget har lägre vattenhalt jämfört med färsk vall vilket gör att den har lägre transportkostnader.

1 Beskrivning av system och förutsättningar

1.1 Odlingsystemet

1.1.1 Vallodling i Sverige

Vall är den arealmässigt största grödan i Sverige, den odlas på 39 % av åkermarken (SCB, 2019). Vallen används huvudsakligen som foder för nötkreatur, får och hästar varför målet med vallodling i Sverige idag är hög foderkvalitet. Lantbrukaren producerar en grönmassa för ensilering eller skörd till hö som sedan används vidare till foder för djurhållningen. Vallen ligger ofta 2 till 4 år i Sverige innan den bryts. Odlingen ser olika ut beroende på vilket mål som man har med odlingen, det beror bland annat på hur lång liggtid vallen ska ha, vilka djur som ska äta fodret, vilka förutsättningar marken har, hur många skördar som ska tas och gödslingsstrategi. Det spelar också roll om vallen ska användas till bete eller slätter eller både och. Exempelvis kan vallen användas som bete efter förstaskörden.

Det finns ett stort antal vallgräs- och klöversorter att välja mellan, det finns också många olika vallblandningar att välja mellan, bilaga 1. Genom att ha baljväxter som klöver och lusern i vallen ökar dess proteininnehåll med hjälp av biologisk kvävefixering. Baljväxtandelen i vallen påverkas till stor del av kvävegödslingen. Kvävet gynnar gräsen i vallen, detta på bekostnad av klöver. Kvävegödslingen bör framförallt begränsas till insådden och vall I, dvs. första vallåret, om klöver ska gynnas. Enligt Jordbruksverket (2019) är timotej, engelskt rajgräs, ängssvingel och rödklöver en bra stomme i vallblandning med kort liggtid. I en långliggande vall passar kombinationen vitklöver, rödklöver, timotej och ängssvingel. En intensiv slättervallfröblandning för södra och mellersta Sverige kan exempelvis bestå av 35% timotej, 20% rörsvingel/rörsvingelhybrid, 20% engelskt rajgräs, 10% rajsvingel, 10% rödklöver och 5% vitklöver (Jordbruksverket, 2019).

Vall är en väldigt bra förfrukt och passar i de flesta platser i växtföljden. Vall ger en möjlighet till högre skördar i efterföljande gröda, framförallt vid klöverinblandning eller ren klövervall, tabell 1. Det är viktigt att ta hänsyn till vallens kväveleverans till efterföljande gröda i växtföljden genom att anpassa kvävegödslingen till den grödan.

Tabell 1. Gräs- och blandvallars förfruktseffekt uttryckta som skördepåverkan (kg/ha) och som kväveleverans (Grovfoderverktyget, 2019)

Gröda	Skördeökning i efterföljande gröda (kg/ha)		Kväveleverans till efterföljande gröda (kg N/ha)	
	Höstvete	Vårsäd	Höstvete	Vårsäd
Blandvall	800	500	40	40
Gräsvall	400	200	15	15

Under elva års tid genomfördes sammanlagt 25 försök i en försöksserie där betydelsen av vallålder och -sammansättning för avkastningen hos efterföljande grödor undersöktes, tabell 2 (Andersson & Wivstad, 1992). En slutsats från de resultat som man

fick i försöken var att rena baljväxtvallar hade större effekt på avkastningen första året efter vallen, men andra året hade gräsvallarna i genomsnitt större effekt.

Tabell 2. Effekter av vallar på efterföljande höstvetegrödor (Andersson & Wivstad, 1992)

Förfrukt	Höstvete (kg/ha) År 1 efter vall	Höstvete (kg/ha) År 2 efter vall
Vårkorn	4460	4430
<i>Ettårig vall</i>		
Rödklöver, lusern	+1300	0
Italienskt rajgräs	+800	+200
<i>Tvåårig vall</i>		
Rödklöver, lusern	+1200	+400
Ängssvingel, timotej, eng. rajgräs	+700	+650
<i>Treårig vall</i>		
Rödklöver, lusern	+1100	+700
Ängssvingel, timotej, eng. rajgräs	+700	+800

I en spannmålsdominerad växtföljd kan införandet av vall skapa många positiva effekter (Tidåker m.fl., 2016). Vid en jämförelse med vall och ensidig odling av ettåriga grödor, såsom exempelvis spannmål, kan exempelvis behovet av växtskyddsmedel minska och kolinlagringen i marken öka. Diversifiering av grödor i växtföljden är ett effektivt sätt att bl.a. minska den ekonomiska risken när det finns andra grödor än spannmål, men som ger en likartad eller bättre lönsamhet än spannmål.

De flesta lantbrukare väljer ofta att blanda in baljväxter i sin vall eftersom det ger ett högre proteininnehåll i grovfodret och baljväxterna är dessutom självförsörjande på kväve. Men det kan vara svårt att kunna optimera förhållandet gräs och baljväxter i den färdiga vallen. Förhållandet mellan gräs och baljväxter i vallfröblandningen blir ofta inte den samma i fält som den i själva utsädesblandningen. Exempel på faktorer som kan påverka andelen baljväxter i vallen är kvävetillgång och ogräsbekämpning under insåningsåret. Det finns positiva samodlingseffekter av att odla gräs och baljväxter tillsammans, bland annat att de etablerar sig på olika sätt, växer med lite olika krav på näring och skördeönstret blir ofta bredare.

1.1.2 Odling av vall till etanolproduktion

Vallgräs passar utmärkt för produktion av etanol pga. lågt insatsbehov, hög avkastningspotential och bidrar på ett värdefullt sätt till ett hållbart jordbruk och en hållbar markanvändning.

En mängd olika biomassar kan användas som substrat för etanolfermentering. Första generationens etanol produceras av homogena substrat, av kolhydrater så som socker från sockerbeta eller stärkelse från spannmål. Andra generationens etanol produceras från mer komplex (lignocellulosarik) biomassa. Lignocellulosa består av tre huvudsakliga komponenter; cellulosa, hemicellulosa och lignin. I gräs utgörs lignocellulosan av omkring 25–40% cellulosa, 25–50% hemicellulosa och 10–20% lignin (Glazer & Nikaido, 2007).

Kolhydrater delas in i vattenlösliga kolhydrater (socker), icke-strukturella kolhydrater (stärkelse) och strukturella kolhydrater (cellulosa och hemicellulosa). Det lättlösliga sockret (WSC) utgörs av glukos, fruktos, sackaros och fruktan, den största delen

återfinns i stjälken i vallen. Socker i sin tur delas in i de två undergrupperna monosackarider och oligosackarider. Monosackariderna delas ibland in i grupper beroende på antalet ingående kolatomer. Pentoser med 5 kolatomer och hexoser med 6 kolatomer är de vanligaste och de är vattenlösliga. Exempel på pentoser (C5-socker) är arabinos och xylos. Exempel på hexoser är glukos, mannos och galaktos (C6-socker). Vid fermentering eller jäsning oxiderar jästsvampar organiska föreningar såsom sockerarter till etanol eller andra kemikalier. Vanlig jäst (bagerijäst) omvandlar hellre hexoser, än andra sockerarter till etanol. Hemicellulosa från jordbruket och lövträd innehåller även flera olika femkolssocker, pentoser. Därför är det önskvärt att jätten även kan omvandla dessa till etanol. Exempelvis Taurus Energy, men även andra jästtillverkare, har jäststammar som klarar av att jäsa både hexoser (sexkolssocker) och pentoser (femkolssocker) till etanol (Taurus Energy, 2020).

Cellulosa är mycket mer motståndskraftig mot nedbrytning än andra glukospolymerer såsom stärkelse, den måste hydrolyseras till glukos före etanoljäsningen (Demirbas, 2009; Glazer & Nikaido, 2007). Till skillnad från cellulosa innehåller hemicellulosa andra socker än glukos, såsom xylos, mannos, galaktos och arabinos. (Demirbas, 2009). Hemicellulosan i gräs utgörs av en huvudkedja av xylan, som är uppbyggd av β -(1→4) - länkade D-xylosenheter med sidokedjor innehållande metylglukuronsyra samt glukos, galaktos och arabinos.

Halten av WSC (vattenlösliga kolhydrater) i växten påverkas av en mängd olika faktorer exempelvis växtart, skördetidpunkt, vattenstatusen i jorden och antal soltimmar. Under torkning av gräs försvinner WSC genom respiration och hydrolys. Innehållet av WSC bryts ner snabbt vid ensilering (Lundén Pettersson & Lindgren, 1989).

Den faktor som har störst påverkan på näringsinnehållet i vallfoder är vallens botaniska utvecklingsstadium vid skörd. Under vallväxtens tillväxt på våren ökar torrsubstansen i växten, samtidigt som protein- och vattenhalten minskar. Generellt kan man säga att en tidig förstaskörd ger högre energihalter och mer smältbart protein per kilo torrsubstans, medan skörden, dvs. avkastningen per hektar, blir större om man väntar längre, tabell 3. Kolhydratsammansättningen i vallfoder ändras under vallens tillväxt, men styrs också av andra faktorer som har mindre inverkan än plantmognaden.

Tabell 3. Förändringar i sammansättning (g/kg torrs substans) för tre grässorter för klippning vid fyra olika stadier av tillväxt (McDonald m.fl., 1991)

Gräs	Klippdatum	Blad: stamförhållande (torrvikt)	Råprotein	Vattenlösliga kolhydrater	Cellväggskomponenter			Aska
					Hemicellulosa	Cellulosa	Lignin	
g/kg torrvikt								
Rajgräs								
Klippning								
1	22/4	10,0	209	158	113	170	30	101
2	14/6	1,1	61	221	127	217	33	59
3	19/7	0,1	34	177	183	284	72	42
4	13/9	0,1	31	42	210	331	100	39
Timotej								
Klippning								
1	25/4	4,0	164	199	107	173	36	83
2	30/5	2,0	86	197	140	219	46	64
3	12/7	0,3	46	142	206	295	92	32
4	14/9	0,2	24	114	192	313	119	31
Hundäxing								
Klippning								
1	25/4	5,0	70	120	108	176	48	125
2	26/5	1,6	53	141	148	236	51	89
3	6/7	0,1	31	116	219	295	89	73
4	16/9	0,1	24	5	252	389	146	49

1.1.2.1 Grovfoderanalys vall

Då fokus i all vallodling idag är för foderanvändning sker normalt analyserna av vall också för detta ändamål. Det gäller att ha rätt näringsammansättning för att få rätt foderstat till djuren. En bra näringsbalans hos djuren leder till hög produktion och bättre hälsa. I ett grundpaket för analys av vall för foder ingår normalt torrs substanshalt, energi, protein, NDF (neutral detergent fibre), socker (vattenlösliga kolhydrater), aska, mineraler och hygien (mögel).

En tumregel är att ju tidigare skörden sker desto högre energi- och proteininnehåll är det i fodret. Vid senare skörd minskar energi- och proteinnivåerna samtidigt som NDF ökar. Innehållet av lättlösliga kolhydrater påverkas bl.a. av sortval, skördetidpunkt, temperatur och lagring och kan variera mellan 0–200 g/kg TS i grovfoder. Askan är ett mått på den oorganiska delen av fodret, mineraldelen. En hög nivå av aska kan indikera att det kommit in jord i grovfodret. Ensilage måste lagras lufttätt annars kan det börja växa mögel- och jästsvampar i fodret.

I vallen kan innehållet av näringsämnen variera mycket, beroende på skördetidpunkt, väderförhållande, sortsammansättning, gödsling och mycket mera. Vid odling av vall till foder strävar man efter vissa värden vad gäller exempelvis TS-halt på >30% (efter förtorkning), råprotein på 130–160 g/kg TS och NDF på 475–525 g/kg TS (Grovfoderverktyget, 2019).

1.1.2.2 Analys vall till etanol- och biooljaproduktion

När lignocellulosarik råvara ska användas för produktion av etanol tillämpas en fiberanalys där fokus ligger på att bestämma kolhydrater och lignin i detalj.

Analysen av lignin bygger på uppslutning i stark svavelsyra vid 45°C följt av en svagsyrahydrolys vid 120°C (Björnsson m.fl., 2014). Den fasta resten torkas sedan för att bestämma innehållet av Klasonlignin och askhalten. Den flytande fasen innehåller monomert socker och den lilla del av ligninet som är syralösligt. Totala lignininnehållet är en summa av Klasonlignin (syraolöslig rest) och syralösligt lignin. Lignininnehållet är bland annat intressant för att kunna bedöma möjligt utbyte av bioolja i HTL-processen (Hydrothermal Liquefaction/förvätskning) av biomassan.

Socketarterna analyseras för att kunna göra en bedömning av hur mycket etanol som kan bildas utifrån hur mycket hexoser och pentoser som finns i materialet.

Högre värmevärdet (Higher heating value, HHV) analyseras för att användas som ett referensvärde för vad man får ut i energi motsvarande om provet skulle förbrännas.

För att kunna få ut cellulosa- och hemicellulosainnehållet i vallproverna måste NDF (Neutral Detergent Fibre=cellulosa, hemicellulosa och lignin), ADF (syralösligt fiber=hemicellulosa och lignin) och syralösligt lignin analyseras. Cellulosainnehållet beräknas genom att subtrahera ADF med syralösligt lignin. Hemicellulosainnehållet beräknas genom att subtrahera NDF med ADF.

En elementaranalys kan göras på materialet där innehållet av innehåll av de vanligast förekommande grundämnena (C, O, H, N, S) analyseras. Kolinnehållet är främst intressant för bedömning av möjligt utbyte av bioolja i HTL-processen. Baserat på antaganden om proteinsammansättning i råvara kan proteinmängden beräknas från mängden organiskt bundet kväve med en omvandlingsfaktor. Den genomsnittliga kvävehalten i aminosyror är 16 %, vilket gör att faktorn 6,25 ofta används som omräkningsfaktor. (Grovfoderverktyget, 2019).

1.1.2.3 Etanolproduktion från gräs

När vall ska användas till etanol är intressanta frågeställningar vilka sorter/arter som ska väljas, hur många skördar som ska tas, intensiteten på odlingsinsatserna samt skördetidpunkter.

I flertalet studier har man undersökt effekt av olika skördetidpunkter vad gäller avkastningsnivå och kvalitet på vallen. Men det finns inte många studier där man fokuserat på skördetidpunktens inverkan på etanolproduktion från vall. I en isländsk studie där man studerade etanolutbytet från timotej fanns det i många fall ingen signifikant skillnad i etanolutbyte vid olika skördetidpunkter (Hálfðánarson, 2015). Mängden producerad etanol var därför huvudsakligen beroende av skördnivån vid de olika skördetidpunkterna. Det högsta etanolutbytet var 2 211 liter/ha av *S. cerevisiae* på hydrolysat från skördetid efter blomningen, dvs. den senaste av de undersökta skördetidpunkterna. Avkastningen var då 7 100 kg TS/ha. Hálfðánarson (2015) menar att vad som är förvånande med resultaten i studien är hur lite produktionen av etanol varierade mellan de olika datumen för första skörd och att produktionen är bra även för de senare skördedatumerna (det sista skördedatumet var i slutet av augusti). Vidare menar författaren att detta resultat är oväntat då andra studier där man analyserat timotej till foder visat ett sämre fodervärde med ökad mognad av gräset. Man menar vidare att det finns många fördelar med att skörda vallen vid mitten på sommaren eller senare bland annat eftersom de i den isländska studien fick de högsta skördarna då.

I en sammanställning över etanolproduktion från lignocellulosarik biomassa av Sveinsson och Hermannsson (2010) uppskattades etanolproduktionen från timotej till 0,27 L etanol/kg TS. Men de noterade att olika studier visade på väldigt varierande nivåer av etanolproduktionen, bl.a. beroende på olika biomassakvalitet, förbehandlingsmetoder och vilka organismer som användes i fermentationen.

I en engelsk studie från 2009 antogs att ett hektar rajgräs potentiellt kan producera 3000–4000 liter etanol, baserat på en avkastning på 10–12 ton TS/ha (IBERS, 2009).

I ensilerad vall har organiska syror som mjölksyra och ättiksyra bildats under ensileringsprocessen genom att bakterier har förbrukat socker. Syrorna har sänkt pH vilket gör att en justering av pH genom tillsats av en bas kan behövas för att den etanolbildande jästen ska trivas.

Jämfört med förbehandlad vedbiomassa för etanolproduktion så innehåller lignocellulosa som halm och vall mer socker där mikroorganismer som kan störa jästen som ska producera etanol. Samtidigt kan en mildare förbehandlingsmetod användas på halm och vall vilket ger mindre mängd inhibitorer vilket är positivt för etanolprocessen.

1.2 Hantering och logistik

För vall till etanol finns två möjligheter, antingen används vallen färsk vilket innebär att den måste användas och matas in till etanolprocessen i nära anslutning till skörd eftersom det färska gräset inte är lagringsstabil. Färsk vall kan användas under gräsets växtsäsong. Efter växtodlingssäsongen måste lagrad vall användas. Det normala systemet för storskalig lagring av vall är genom ensilering.

Hur systemen för att leverera vall till ett bioraffinaderi eller en etanolanläggning bör utformas är beroende av flera faktorer. Hur stora mängder vall som ska levereras påverkar vilken kapacitet systemet bör ha för att få ett effektivt och praktiskt fungerande system. Om vallen ska användas färsk eller ensilerad påverkar också systemvalet. Om en anläggning ska kunna vara i drift året runt krävs att vallen lagras, vanligtvis genom ensilering. I det fallet ska odlingssystemet leverera en vall med bra förutsättningar för en lyckad ensileringsprocess vad gäller till exempel torrsbstanshalt och bearbetningsgrad. För den färska vallen däremot måste skörd ske var eller varannan dag under hela skördesäsongen vilket gör att mängderna per tillfälle troligen kommer vara mindre och ett skördesystem med lägre kapacitet är aktuellt. Skördesystemen beskrivs mer i detalj i kommande avsnitt.

RISE har tillsammans med SLU genomfört två projekt finansierade av f3 inom området logistik och tillförselsystem för grödor till biogasproduktion (Ljungberg m.fl., 2013; Gunnarsson m.fl., 2017). Beräkningarna som gjordes baserades på en optimeringsmodell som togs fram i det första projektet och vidareutvecklades i det andra projektet. I båda projekten gjordes fallstudier för svenska biogasanläggningar. Det andra projektet fokuserade på att förse två biogasanläggningar med såväl färska som ensilerade grödor, alltså en frågeställning som är väldigt aktuell även i nuvarande projekt med vall till etanolproduktion. Erfarenheter från dessa projekt har använts vid utformning av systemen.

1.2.1 Skörd och transport

1.2.1.1 Ensilerad vall

För ensilerad vall föreslås ett storskaligt, kostnadseffektivt skördesystem med hög kapacitet, samma system som ofta används för ensilering av vall till foder. Skörden inleds med slåtter. För att påskynda förtorkningen kan slåttermaskinen ha en kross eller crimper som bearbetar stråets fiber. Slåttermaskinen kan lämna gräset i sträng eller bredsprida gräset över hela slåtterbredden. Innan bärgning från fältet ska gräset förtorka till en vattenhalt anpassad till ensileringsystemet. För ensilering i plansilo önskas en torrsubstanshalt på ca 35%.

Efter förtorkning bärgas vallen från fältet med en exakthack eller hackvagn. Om gräset bredspridits vid slåtter eller om större strängar krävs för att få en effektiv bärgning strängläggs vallen innan bärgning/hackning. Exakthacken arbetar med separata vagnar där gräset samlas vilket innebär att med fler vagnar kan bärgningen fortgå utan avbrott genom att byta till en tom vagn när den föregående blir full. Exakthacken finns både bogserad efter en traktor eller självgående med hög motoreffekt och skördekapacitet. Hackvagnen är en hack monterad i fronten på en vagn som samlar upp gräset efter hackning. Hackvagnen passar bäst i mindre system eftersom den har begränsad skördekapacitet. Detta beror på att när hackvagnen är full körs hela ekipaget till lagret och skörden fortsätter först när vagnen återvänder till fältet. Fördelen är att den endast kräver en person för både bärgning och transport.

1.2.1.2 Färsk vall

Om vallen ska användas färsk kan bearbetning i samband med slåtter och bärgning ge förluster och skynda på uppvärmning av materialet innan inmatning i anläggningen. Nedbrytningen av vallgrödan startar snabbt. Allra helst ska det gå mindre än 8 timmar mellan skörd och inmatning (max 10 timmar). När gräs ska användas färskt för att utvinna ett proteinkoncentrat, t.ex. såsom sker vid pilotanläggningen vid Århus Universitet (Foulum) är det viktigt att gräset är så färskt som möjligt och ej har bearbetats under skörd och hantering innan det når anläggningen. Detta för att undvika pressvattenförluster samt att proteinerna i gräset ska ha börjat brytas ner.

Skörd av färskt gräs kan ske i två steg, först slås gräset och läggs i sträng följt av en vagn med pick-up som bärgar gräset från strängen och kör till anläggningen. En fördel när slåtter och bärgning sker separat från varandra är att bärgningskapaciteten kan ökas genom t.ex. ökad arbetsbredd på slåttermaskinen eller sammanslagning av strängar innan bärgning. Här finns även alternativet att välja en hackvagn som förutom att plocka upp gräset även hackar det med en knivtrumma. Sedan finns snittvagnar som inte sönderdelar strået lika mycket som hackvagnen. När vagnen är full kör ekipaget till lagret och tömmer vagnen innan det återvänder till fältet för att hämta nästa lass. Om gräset hackas redan på fältet underlättar det den sönderdelningen som sker i samband med inmatningen. Dock ställer det högre krav på att logistiksystemet ska leverera gräset i takt med inmatning för att minimera mellanlagring. Utifrån dagens kunskapsläge är rekommendationen att skörd bör ske varje dag.

Gunnarsson m.fl. (2017) föreslog ett liknande system för skörd av färska grödor för biogasproduktion och där gräs-klövervall var en av grödorna som ingick. Vallen slogs

först med slåtterkross och lämnades för att förtorka på fältet, därefter bärgades gräset med en hackvagn bestående av en pick-up och en hack monterad på en vagn, se figur 1. Skillnaden när vallen skulle användas för biogas var att gräset krossades i samband med slåtter och att det fick förtorka på fältet innan bärgning.



Figur 1. Hackvagn för uppsamling av gräs efter att slåtter gjort i ett separat moment.

Genom att välja ett sådant system kan hela skörden skötas av en person vilket innebär ett enkelt system som snabbt kan startas upp.

Ett alternativ till skörd i två steg, ett system som utvecklades för att utfodra mjölkkor med färskt gräs, är en direktskördevagn som i ett moment slår gräset och samlar upp det i den integrerade vagnen för transport till anläggning. Till skillnad mot systemet med hackvagn sker här ingen förtorkning och ingen bearbetning eller hackning av strået. Fördelar med direktskörd (avslagning och uppsamling i ett) är i) minimerad inblandning av jord i den skördade grödan, ii) minimerad bearbetning av grödan, samt iii) möjlighet att minimera tiden mellan avslagning och inmatning i anläggningen.

Det finns kommersiella tekniker för direktskörd av vallgrödor. Ett exempel är den traktordrivna skördemaskinen Maksi Grass som importerats till Danmark från Irland och vidareutvecklats. Den är traktordriven och består av en rotorslåtterbalk, ett transportband och en vagn där gräset slås av och transporteras till vagnen utan att beröra marken. Maskinens kapacitet är begränsad då den har liten arbetsbredd.

1.2.2 Förbehandling

Tekniskt sett är det en fördel för fortsatt hantering om gräset hackas vid skörd eftersom långa strån lätt orsakar problem genom att linda sig runt skruvar och roterande delar vid hantering och förbehandling. För inmatning av färsk vall vill man dock, som tidigare nämnts, undvika bearbetning på fält för att minimera nedbrytning och förluster.

Om gräset behöver sönderdelas innan inmatning är det generellt sätt kostnadseffektivt att göra sönderdelning i samband med skörd eller bärgning eftersom varje separat hantering kostar pengar. Gunnarsson m.fl. (2017) gjorde en kostnadsoptimering för konventionella biogasgrödor såsom majs, vall och helsäd samt restströmmar som sockerbetsblast, fånggrödor och naturmarksgräs. Dessutom fanns alternativet med färsk vall tillgängligt under hela växtsäsongen från maj till oktober. För bra biogasutbyte var ett krav kort strå längd på vallen. För ensilerad majs, helsäd och vall antogs skörd med en exakthack med biogastrumma som hackar materialet extra fint. För det färska gräset som förutsätter skörd var eller varannan dag användes en hackvagn som inte reducerar strå längden lika mycket som exakthacken med biogastrumma. Därför lades en extra

kostnad för ytterligare sönderdelning på anläggning till för den färsk vallen, med resultatet att den fick en högre substratkostnad än de ensilerade grödorna. Om den sönderdelning som görs vid bärningen från fältet räcker kan det innebära ur ekonomiskt perspektiv att färsk vall skördad med hackvagn är konkurrenskraftigt.

När vallen ska användas till etanolproduktion är det ännu inte klarlagt hur fin sönderdelning av vallen som krävs för en fungerande process. Ångexplosion (steam explosion) som förbehandling innan fermentering ställer inte höga krav på fin sönderdelning. Den exakthackning som görs i samband med bärning är troligen tillräcklig. Däremot kan en fungerande hantering i skruvar m.m. komma att var avgörande för vilken sönderdelning som behöver göras innan processteget.

1.2.3 Lagring

Alla lagringssystem som används för vall till foder fungerar även när vallen ska användas till etanolproduktion. De biogasanläggningar som använder eller har använt grödor från jordbruket använder plansilo, slangar eller stukor. En viktig parameter är att hålla lagringskostnaden så låg kostnad som möjligt. Rundbalar är inte att rekommendera av två orsaker, dels är hanteringen vid borttagning av plast och nät arbetskrävande och dels är ensilaget relativt långsträigt vilket kan krävs ytterligare en sönder.

Vilket system som väljs beror även på förutsättningar på lagringsplatsen, i synnerhet om ensilaget ska lagras på gårdarna där det odlas. Det är lättare att hitta en hårdgjord yta för att lagra i slang eller stuka jämfört med plansilo.

1.2.3.1 Vad händer under lagringsprocessen

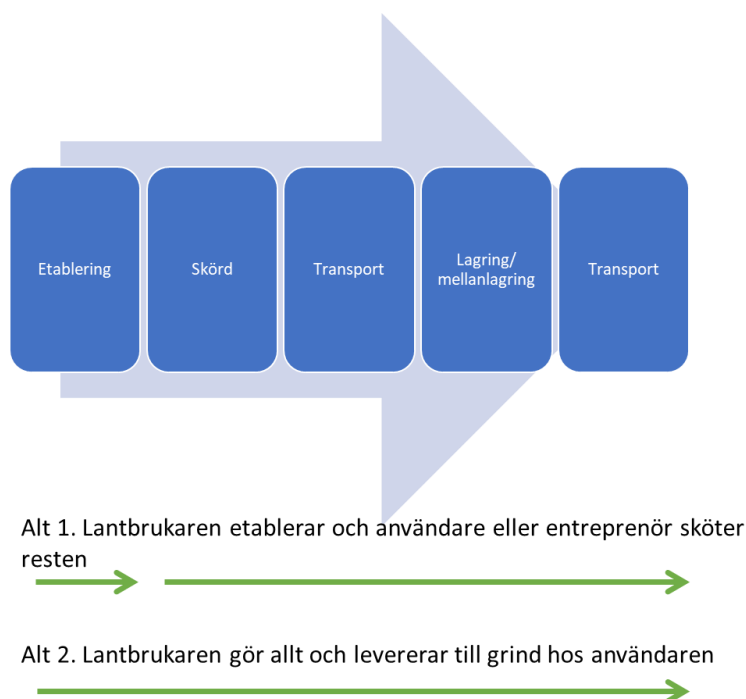
För den skördade vallen är den våta lagringen i form av ensilering ett bra alternativ till torkning, då den inte kräver en lång period av stabilt och torrt väder. Ensilering är en biologisk konserveringsmetod som innebär att mjölksyrabakterier under syrefria (anaeroba) förhållanden växer till, varvid det bildas mjölksyra som ger en pH-sänkning i materialet. Sänkningen av pH innebär att tillväxten av andra oönskade mikroorganismer hämmas. Förutsatt att pH sänks tillräckligt mycket och att en syrefri miljö kan upprätthållas, får man en produkt som tål lång lagring. Vallgräs och baljväxter innehåller en betydande mängd lättlösliga kolhydrater, som huvudsakligen består av glukos, fruktos, sackaros och fruktan. För att växa till och producera syra behöver mjölksyrabakterierna näring, vilket huvudsakligen utgörs av de lättlösliga kolhydraterna (WSC). Utnyttjandet av WSC under ensileringen kan dock innebära en minskning av potentiellt fermenterbart socker för etanolprocessen. Alternativt kan vallgräset och -baljväxterna torkas för lagring, men det kan i sin tur innebära en förlust av WSC till följd av celloandning, mikrobiell aktivitet och utlakning.

Förbehandlingen anses vara det dyraste steget i omvandlingen av biomassa till etanol. En effektiv förbehandling är ett centralt forskningsområde inom den cellulosa-baserade etanolforskningen. I ett flertal studier har ensilering visat sig förbättra den enzymatiska omvandlingen av cellulosa jämfört med vid en torr lagring. Ensilering kan därför fungera som en kombinerad lagrings- och förbehandlingsmetod, vilket potentiellt skulle kunna minska förbehandlingskostnaderna. Men förbehandlingseffekten är inte tillräckligt hög för att kunna få en kostnadseffektiv etanolprocess, och ensileringen behöver kombineras med någon mer förbehandlingsteknik såsom ångexplosion eller hydrotermisk behandling (HTT) (Ambye-Jensen m.fl., 2014).

1.3 Affärssystemet

1.3.1 Organisering av tillförsel

I huvudsak är tre aktörer inblandade i leveransen av vall till etanolanläggningen, lantbrukaren, etanolproducenten och en eventuell entreprenör som utför ett eller flera moment i skörde- och hanteringskedjan. Beroende på aktörernas intresse och förutsättningar kan två alternativ användas för att beskriva vem som gör vad (figur 2). I alternativ 1 etablerar lantbrukaren vallen och säljer den på rot. Därefter är det köparen eller en av köparen anlitaad entreprenör som sköter skörd, transport och lagring. Beroende på förutsättningar på gård och anläggning kan lagring ske på gård, mellanlager eller på anläggning. Alternativ 2 innebär att lantbrukaren har en mer aktiv roll i odling, skörd och transport och levererar vallen till anläggning, antingen färskt vid skörden eller ensilerad under resten av året.



Figur 2. Beskrivning av de olika stegen i hanteringen av vall från fält till anläggning.

Inköpen kan ske via kontrakt som löper under flera år mellan köparen och lantbrukaren där köparen kan vara anläggningen eller en entreprenör som fungerar som mellanhand mellan lantbrukare och anläggning. Inköpen kan även ske utan kontrakt, eller med ettåriga kontrakt för att köpa in vall enstaka år t.ex. från lantbrukare som ett specifikt år får en större skörd än vad som går åt för egen förbrukning.

För ett system där färsk vall ska levereras regelbundet under hela odlingsäsongen krävs en noggrann planering och organisation av i vilken ordning olika arealer ska skördas samt när. För att detta system ska fungera i praktiken kan det underlätta att ha en eller flera entreprenörer utför skörd och transport av all vall som ska levereras från de gårdar

som levererar färsk vall, dvs. alt. 1 i figur 2. I detta system kan kontrakt underlätta planeringen så att det är känt vilka arealer som finns tillgängliga.

Frågan om kontrakt och kontakt ska ske direkt mellan lantbrukare och anläggning eller via en mellanhand är en svår fråga. Beroende på hur mycket vall som ska levereras samt storleken på gårdarna som levererar kan det röra sig om många lantbrukare att ha kontakt med. Inom projektet AGROinLOG intervjuades lantbrukare och entreprenörer om inställningen till att leverera halm till etanolproduktion (AGROinLOG, 2020). Vad gäller kontrakt tyckte majoriteten av intervjuade att Lantmännen ska ha kontrakt direkt med lantbrukarna och inte med en mellanhand. Lantmännen har erfarenheter och system för att hantera spannmålsinköp och försäljning av insatsvaror med många lantbrukare och mycket av detta borde kunna appliceras även för inköp av vall.

1.3.2 Erfarenheter från andra anläggningar

I Sverige finns ett fåtal anläggningar som använder vall eller andra åkergrödor som substrat men användningen har minskat i omfattning. En av de tidigaste att använda vall till biogasproduktion var Svensk Växtkraft som har en biogasanläggning i Västerås som togs i drift 2005 och då hade vall som ett huvudsubstrat. Vallen har kontinuerligt minskat på bekostnad av framför allt hushållsavfall som de får betalt för att ta emot. Svensk Växtkraft hade ett system där vallen köptes på rot och betalades per kg TS som vägdes in. De tillhandahöll frö och arrangerade skörden genom att leja in slätter, strängläggning, hackning och transport från entreprenörer. Transporten skedde med ett containersystem med omlastning till lastbil i fältkant. Vallen odlades i regel på korta kontrakt. Man hade omväxlande tidig och sen skörd hos varje lantbrukare för att få ett ekonomiskt rättvist system.

Gasum driver ett antal biogasanläggningar baserade på substrat från jordbruket. Även här har lönsamhet och även regelverk gjort att grödor används i allt mindre omfattning. Till biogasanläggningen i Örebro skördades förra säsongen ca 5000 ton vall från 200 ha (Lingman, 2020). Gasum har köpt in en tjänst som sköter inköp och hantering av grödor samt försäljning av rötrest. Två system används, antingen köper de in vall som en engångsleverans t.ex. från en lantbrukare som har vall över när det egna behovet är täckt. Det andra systemet är att de har skördeavtal med lantbrukare under 2–3 år. Lantbrukaren etablerar grödan, vältrar och plockar sten. Gasum sköter med hjälp av inhyrda entreprenörer skörd, transport och gödsling. Betalning sker per ha eller per kg ts. Vallen lagras i stuka på biogasanläggningen. Även på biogasanläggningen i Jordberga köper Gasum in grödor, framför allt majs och helsäd på rot från lantbrukarna samt från en maskinentreprenör tjänsten att skörda, transportera och lägga in grödan i plansilo på anläggningen. Gasum har en person anställd för att sköta kontakterna med både lantbrukare och entreprenörer.

I Tyskland finns stor biogasproduktion baserad på grödor och då främst majs men även en del vall. Vid besök på en av de då största anläggningarna i landet, Nawaro Bioenergie, rötades 400 000 ton ensilage per år. På anläggningen lagrades ca 10% av årsbehovet, resterande ensilage lagrades på gårdarna där det producerats och levererades dagligen med lastbil till anläggningen. Ensilaget lagrades i plansilo eller markstack, slangensilering ansågs vara en för dyr metod. Figur 3 visar mottagningshallen där lastbilarna tippade av ensilaget. Anläggningen hade kontrakt med löpande tider upp till 8 år med lantbrukarna för leverans av grödor till anläggningen. Priset på substratet var

reglerat och räknades upp med ett index varje år. Omkring 20% av mängden substrat per år köptes in till spotpris, dvs. utan kontrakt. Lantbrukarna erhöll 25–30% av betalningen i förväg samt resterande vid leverans.



Figur 3. Mottagningshall för grödor vid Nawaro Bioenergie biogasanläggning i Güstrow, Tyskland. Fotograf: Carina Gunnarsson

För produktion av högkvalitativt grovfoder till travhästar har företaget Hästkraft utvecklat ett koncept som inkluderar lantbrukare, entreprenörer och kunder (Hästkraft, 2020). Idag omfattar odlingen ca 1000 ha. Lantbrukaren etablerar vallen enligt instruktioner från Hästkraft som efter godkänd etablering tar över ansvaret för odlingens liggtid som uppgår till ca 4 år. Skörd av vallen utförs sedan av kontrakterade maskinentreprenörer.

För hantering och transport av sockerbetor till Örtofta finns ett effektivt system där delar finns som är intressanta även för ett system för vall till etanol. Sockerbetorna lagras i stukor på gårdarna och levereras in till sockerbruket som en kampanj under en begränsad tid. Alla odlingar delas in i leveranskategorier och en större odling delas upp i flera leveranser. När kategorierna är satta bestäms i vilken ordning betorna ska levereras in. För att hålla koll på leveranser använder Nordic Sugar ett system som heter Agrilog som innehåller ett verktyg i form av en mobilapp där lantbrukaren kan se vilket datum betorna ska hämtas samt rita in vilken väg transportören ska åka för att komma till lagret (Agrilog, 2020). Om vallen lagras decentraliserat på gårdar är en utmaning att kunna utnyttja returtransporter för att minska transportkostnaderna. Där är sockerbetorna till Nordic Sugar Örtofta ett bra exempel på där de utvecklat ett system där HP-massa (bestående av huvudsakligen betfiber) levereras till gårdarna och sockerbetor transporteras i returlass till sockerbruket.

1.4 Erfarenheter från andra bioraffinaderier baserade på vall

1.4.1 Sverige

Växtproteinfabriken

Hos SLU i Alnarp pågår ett Vinnova-finansierat UDI-projekt (Utmaningsdriven Innovation) där proteinprodukter till kosmetik, funktionella livsmedel (nutraceuticals), livsmedel och foder ska utvinnas från grödor och växtbaserade restströmmar. Exempel på grödor som de kommer att titta på är gräs, klöver, mellangrödor eller restprodukter som blast från morötter, rödbetor och sockerbetor. Rubisco är ett protein som de är intresserade av att utvinna ur växterna. De kommer även undersöka om ensilerad biomassa kan användas. Just nu pågår steg 2 i UDI projektet där en pilotanläggning ska byggas på SLU. I ett eventuellt nästa steg ska en fullskalig anläggning byggas.

Green Valleys

Green Valleys är ett treårigt EU-projekt och ett svensk-danskt forsknings-samarbete där två bioraffinaderianläggningar baserade på gräs ska etableras, en större anläggning på Foulum forskningscentrum vid Aarhus Universitet och en gårdsbaserad anläggning vid Naturbruksskolan Sötåsen. I grova drag innehåller projektet följande delar; uppbyggnad av fysisk infrastruktur, test och optimering av processerna, systemanalys av konceptet samt affärsmodellering. Anläggningen på Sötåsen ska ha en kapacitet att hantera ca 1 ton färskt gräs eller gräsilage per timme. Fiberfraktionen ska användas till kor och får samt pressjuicen till grisar. Projektet har åtta partners från Sverige och Danmark, i Sverige Chalmers, Agroväst, Västra Götalandsregionen, Hushållningssällskapet Sjuhärad samt SLU.

1.4.2 Danmark

I Danmark pågår flertalet forskningsprojekt och andra aktiviteter för att utveckla gröna bioraffinaderier baserade på framför allt en blandning av klöver och gräs för utvinning av proteinkoncentrat. Exempel på projekt inom området är BioValue SPIR, OrganoFinery MultiPlant och SuperGrassPork.

Aarhus Universitet har sedan tidigare en pilotanläggning för att pressa färskt gräs med en kapacitet på 0,5–2 ton våt vikt per timme. På Foulum invigdes 2019 en andra pilotanläggning. Dessutom pågår forskningsprojekt för att utveckla de olika delar av bioraffinaderiet samt användning av produkterna som kommer ut. Ett projekt som startade 2020 heter "GræsProf Værdiskabelse med græsprotein" och har fokus på nya grössorter samt skörde- och förbehandlingsmetoder. Under 2019 startade även projektet InnoGrass som fokuserar på raffineringsteknik med målet att undersöka om protein från gräs kan användas i livsmedel.

Det danska lantbruksföretaget DLG (Dansk Landbrugs Grovvarereselskab) ska bygga den första kommersiella anläggningen i Danmark för grön bioraffinering. Klöver- och gräsblandning samt lusern från ca 2000 ha kommer processas i en central anläggning som producerar proteinkoncentrat, ensilage, grässaft och restprodukter för biogasproduktion. Huvudprodukten är ekologiskt proteinfoder till höns och kor (Ministry of Environment and Food of Denmark, 2020a).

Ett annat projekt som nyligen beviljats ekonomiskt stöd är ett gods på västra Jylland som ska bygga landets första gröna bioraffinaderi på gårdsnivå (Ministry of Environment and Food of Denmark, 2020b). Detta ska ske inom projektet TailorGrass som ska demonstrera omställning från spannmålsodling till vallodling och fungera som inspiration för andra lantbrukare och investerare. På gården finns redan idag en

biogasanläggning som använder gräs som substrat och som i framtiden ska använda restströmmar från bioraffinaderiet.

1.4.3 Finland

I Finland har projektet INNOFEED pågått under 2015–2018 för att utveckla bioraffinering av ensilerat gräs (timotej och ängssvingel) (IBC Finland, 2020). Projektets fokus är på att producera en proteinjuice för utfodring av grisar och kor samt *single-cell* protein på gårdsnivå. Fiberfraktionen är tänkt att användas för etanolproduktion. Projektpartners var VTT Technical Research Centre of Finland Ltd (VTT), Natural Resources Institute Finland (Luke), Valio, Roal, A-Rehu, Eastman, BIOvakka, Pirteä Porsas, Pohjolan Maito, Pellon Group och Gasum.

1.4.4 Övriga Europa

1.4.4.1 Biowert

I Odenwald i Tyskland finns ett bioraffinaderi, Biowert Industrie, som tillverkar el och biomaterial från ängsgräs (Biowert Industrie GmbH, 2018). Huvudprodukterna, ett isoleringsmaterial och en plastprodukt förstärkt med gräsfibrer, tillverkas från fiberfraktionen efter en inledande mekanisk pressning till en flytande och en fast fraktion. Gräset kommer från permanenta gräsmarker samt från vall på åkermark från närliggande gårdar. Anläggningens årliga kapacitet är ca 2000 ton ts gräs. (IEA Bioenergy, 2019). Gräset lagras i plansilo och första steget i processen är mekanisk sönderdelning följt av friläggning av gräsfibern genom sönderdelning, torkning och pressning. Därefter processas fibern till isoleringsprodukten samt plastgranuler. Plastprodukten innehåller 30–50% gräsfibrer och 50–70% återvunnen polyolefin. Den flytande fraktionen som återstår efter att fibern tagits bort används som substrat för biogasproduktion och av rötresten tillverkas ett koncentrerat gödselmedel som används av närliggande jordbrukare.

1.4.4.2 Grassa

I det holländska projektet Grassa (Grassa, 2020) pågår utvecklingen av ett gräsbaserat bioraffinaderi med fokus på tre djurfoderprodukter; ett grovfoder till nötkreatur, ett proteinkoncentrat, en prebiotika (fructooligosaccharides) och ett växtbaserat ekologiskt gödselmedel (Silicon canals, 2019).

I Grassas koncept ingår ett mobilt bioraffinaderi för naturmarksgräs och andra restströmmar t.ex. sockerbetsblast, med en kapacitet på 1–5 ton färskt material per timme. Skörden sker med en självgående skördare som skördar gräset och tömmer det i en vagn som transporterar gräset till det mobila raffinaderiet.

2 Intervjuer med gårdar

2.1 Bakgrund och metod

För att få en uppfattning om lantbrukarnas intresse för att leverera vall och/eller halm till etanolproduktion samt hur de vill att odlingsystemet, logistiksystemet och

affärssystemet ska utvecklas genomfördes intervjuer med tre lantbrukare i Östergötland. Kontakten med lantbrukarna togs via deras växtodlingsrådgivare från Lantmännen. De tre gårdarna representerar olika delar av Östergötland. En av gårdarna har en spannmålsdominerad växtföljd, relativt låg mullhalt, ligger inom vattenskyddsområde, har erfarenhet av vall och levererar spannmål till Agroetanol. En annan av gårdarna har en liten andel vall idag. Tredje gården är en växtodlingsgård med behov av att få in vall i växtföljden för att förbättra jordarna.

Intervjuerna genomfördes under besök hos lantbrukarna i ca 2 timmar. Intervjufrågorna var indelade i fyra delar; allmänt, odling, hantering och affärssystemet, bilaga 2. Under området allmänt fick lantbrukaren frågor om bl.a. grödor och arealer, intresse för leverans av halm och vall till etanolproduktion och erfarenheter av att odla vall. Frågorna om odling handlade om hur vallen skulle kunna inkluderas i nuvarande växtföljd, på vilka odlingsmarker den skulle odlas, mervärden av att få in vall i växtföljden samt hur de ser på att föra bort halm och vall från åkern. De fick också frågan om vilken typ av vall de skulle kunna tänka sig att odla. Under hantering ställdes frågor till lantbrukarna om de har maskiner för vallskörd, möjligheter till lagring av vallen och det går att få fram den kapacitet som behövs för att skörda stora mängder halm och vall till etanolproduktion. Vid det sista området, affärssystemet, ställdes frågor om hur lantbrukarna skulle vilja att systemet för att sälja vall och halm till Lantmännen skulle utformas, flera frågor handlade om utformning av kontrakt, prissättning och om lantbrukarna vill sälja i sträng, efter pressning eller efter leverans.

2.2 Resultat

2.2.1 Allmänt

De intervjuade lantbrukarna har relativt stora gårdar, mellan 490 till 850 hektar åkermark och de odlar alla en stor andel höstvetete, tabell 4. Två av tre lantbrukare odlar vallgräs till utsädesodling idag, en av dem odlar även till foder.

Tabell 4. Sammanställning information växtodlingen hos de intervjuade lantbrukarna

	Lantbrukare 1	Lantbrukare 2	Lantbrukare 3
Total åkerareal, hektar	740	490	850
Andel höstvete, %	68	50	50
Vallodling	Hästhö och utsädesodling vallgräs (rörsvingel) och klöver	Ja och utsädesodling vallgräs (timotej)	Nej
Övriga grödor	Höstraps, rågvete, malkorn	Lin, raps, havre m insådd, vårvete	Raps, ärter, fokusarealgrödor, korn,
Ekologisk eller konventionell odling	Konventionella och vill fortsätta med det	Konventionell men ev. eko i framtiden	Konventionell och kan ej ställa om pga. slaktkycklingar

Samtliga tre lantbrukare säljer spannmål till Lantmännen idag.

Generellt sett var lantbrukarna skeptiska till att leverera halm till Agroetanol och tycker att vall är mer intressant att ta ut än halm från åkern. Idag skördar de tre gårdarna väldigt lite halm. En av gårdarna sa att de endast tar ut så mycket halm som går åt till den egna djurproduktionen. En viss andel halm kan de tänka sig att sälja. En av gårdarna vill helst inte föra bort någon halm alls från åkern. De har tidigare haft en halmpanna där de eldat halm från den egna gården, men har slutat med det.

2.2.2 Odling

På frågan om hur lantbrukarna vill att växtföljden ska se ut om vall inkluderas svarade samtliga att vallen kommer att ersätta vete om lönsamheten är bra. En lantbrukare tänkte också att vallen kan ersätta raps. Om det är en klövervall tycker lantbrukarna att det är en fördel att så spannmål efter vallen. Lantbrukarna nämnde en längd på vallen mellan 2 och 3 år. En av lantbrukarna nämnde att de kunde vara intressant att låta frövallen till utsädesodling ligga kvar ett tredje år och då sälja skörden till etanolproduktion. I dagsläget har lantbrukarna endast kontrakt på 2 år för vallfrödling.

Alla tre lantbrukarna vill låta vallen ingå i växtföljden och därmed roteras runt på hela arealen och inte odlas endast på de sämre jordarna. En lantbrukare nämnde att det inte finns mycket dålig mark idag på gården, därför hamnar vallen i växtföljden som mest. En fördel med att få in den i växtföljden är de pollinerare den för med sig enligt en annan lantbrukare. Samtliga lantbrukare tyckte att kvävefixerande vall är mest intressant. Två av lantbrukarna nämnde särskilt att lusern skulle kunna vara intressant. En av lantbrukarna tyckte dock inte att lusern är intressant i renbestånd. Att blanda en klöver med ett snabbväxande gräs tyckte en lantbrukare verkade intressant. Men det viktigaste för lantbrukarna var att välja den sort/art som de tjänar mest på, eventuellt den som avkastar mest.

Exempel på mervärden med att få in vall i växtföljden som lantbrukarna tog upp:

- Kvävefixering (baljväxtvall)
- Alternativ för ekologisk odling (baljväxtvall)
- Pollinering
- Få in en avbrottsgröda
- Jordförbättring

Samtliga tre lantbrukare har tidigare erfarenheter av att odla vall. En av lantbrukarna var tydlig med att vallen varken är positiv eller negativ för gårdens växtföljd. För att få en bra växtföljd behövs ej vall enligt lantbrukaren. Däremot menade lantbrukaren vidare att det finns många lantbrukare som skulle vara intresserade av att odla ekologisk spannmål, det skulle då kunna vara intressant för dem att få in en kvävefixerande vall i växtföljden. Men alla tre lantbrukare säger samtidigt att vallgrödan måste ge minst lika god ekonomi som vete och raps, annars är det inte intressant. En av lantbrukarna anser att det bör vara en högavkastande vall och att vallen bör innehålla klöver eller en annan kvävefixerande gröda. Att räkna in vallens mervärde i kalkylen är lite som att lura sig själv enligt en av lantbrukarna. De positiva effekterna av vallen som kommer efterföljande grödor till godo kan vara svåra att verifiera och värdera.

En av lantbrukarna sa att det är tydligt att halmbortförsel påverkar bördigheten. För att ta bort halmen behöver den ersättas med något annat som påverkar bördigheten positivt menar lantbrukaren. En av lantbrukarna menade att 1–2 gånger per fem år kan vara okej att ta bort halmen på gårdens åkermark. Om lantbrukaren kan få tillbaka mull på något alternativt sätt skulle det vara intressant att sälja halm. Samtidigt innebär återförslenn av mull extra körningar på fält och för transporter samt rätt timing för att tex gödsling.

Ytterligare en anledning som nämndes till varför de inte vill skörda så mycket halm är att de upplever att strukturen påverkas negativt som mycket halm tas ut. Den lantbrukaren har åkermark med en stor andel struktursvaga leror och när de lämnar kvar halmen får de bättre skördar efterhand. Om halm ska tas ut är det från höstvetet sa en av lantbrukarna, denna sa även att för höstvetehalmen skulle kunna skördas 1 år av 4.

2.2.3 Hantering/logistik

Samtliga tre intervjuade gårdar har egna maskiner för den mesta av växtodlingen. Ingen av lantbrukarna har maskiner för vallodling. De har inte heller plansilos för lagring av vall på gårdarna idag. En av lantbrukarna nämnde dock att om vallen blir en affär skulle det kunna vara intressant att bygga en plansilo i framtiden. På frågan om det finns någon annan plats som de känner till som skulle kunna användas som mellanlager/hub inför leverans till Lantmännen svarade samtliga lantbrukare att det inte är några problem att få tag i lagerutrymme för halm idag. En av lantbrukarna nämnde också en nedlagd flygplats (Bråvalla) som en möjlig plats för mellanlager.

Lantbrukarna tror inte att det är några problem att få fram den maskinkapacitet som behövs för att få fram den mängd vall och/eller halm som behövs till Agroetanol. Vid behov kommer nya maskinstationer startas upp, redan idag startas nya maskinstationer hela tiden av yngre personer. Lantbrukarna är överens om att halmen måste bort så snabbt som möjligt från fältet.

2.2.4 Affärssystemet

Systemet för att sälja vall och halm till Lantmännen behöver bygga på en kontraktsskrivning menar lantbrukarna. En av lantbrukarna nämnde dock att 2018 års låga skördar gjorde att denne blivit lite mer försiktig vad gäller kontraktsskrivning. På halmen skulle ett kortare kontrakt skrivas och på vallen behöver man skriva på en viss areal och på vallens liggtid, dvs. 2–3 år. En av lantbrukarna nämnde att kontrakten bör kunna göras med olika tillägg, exv. om en lantbrukare köper en slätterkross så borde

denna kunna köra med den. För att kunna få en jämn och fin kvalitet på vallen menade en annan lantbrukare att det är bra om odlingen sköts centralt av t.ex. en maskinstation. Ett exempel på upplägg på affärssystem som nämndes var en kombinerad odling till frövall och etanol. Kontraktet på frövall är endast på två år idag, en möjlighet kan då vara att förlänga vallens liggtid till ett tredje år och då sälja vallen till etanol.

Angående intresset från lantbrukarna att ta emot restströmmar från Lantmännen som kompensation så var samtliga tre gårdar positiva till detta. En av gårdarna nämnde att de redan idag tar emot restströmmar från etanolanläggningen när något går fel i anläggningen, de har en specifik mottagningsbrunn på gården för det. En av lantbrukarna var dock negativa till att ta emot en våt restström. Denne menade att det blir så mycket extra logistik samt markpackning om det är en våt restström.

Angående i vilken grad lantbrukarna skulle vilja vara involverade i vallodlingen svarade de lite olika. En lantbrukare var intresserad av att sälja på rot. Om det byggs upp en bra organisation kring det så är en lantbrukare intresserad av att ställs sin mark till förfogande till Agroetanol, inte vara involverade alls i själva odlingen. En av lantbrukarna vill inte köpa in några maskiner till vallen och inte heller investera i en plansilo.

3 Analyser av vallprover

3.1 Bakgrund och metod

Lantmännen bidrog som partner i projektet med växtmaterialet till labförsöken i projektet. Vid Lantmännens förädlingsstation i Lännäs utanför Sollefteå i Ångermanland skördades rödklöver (*Trifolium pratense*), ängssvingel (*Festuca pratensis L.*), timotej (*Phleum pratense L.*) och rörsvingel (*Festuca arundinacea*). Vid Lantmännens Svalövsgård skördades engelskt rajgräs (*Lolium perenne*) och lusern (*Medicago sativa ssp. sativa.*). Från Nötcenter Viken, Lantmännen Lantbruks försöksgård för foderförsök med vallväxter utanför Falköping i Västra Götaland skördades timotej (*Phleum pratense L.*) och ängssvingel (*Festuca pratensis L.*) som sedan ensilerades. Vallen till labförsöken skördades vid normal skördetidpunkt för användning till foder, på samtliga ställen var det första skörden för säsongen, tabell 5. Samtliga sorter som användes i försöken är välbeprövade och uthålliga sorter med god avkastningspotential. TS-halterna i materialet varierande ganska mycket mellan de olika proverna och var som lägst i rödklövern med 14,1%. De vallgräs och baljväxter som fanns med i labförsöken analyserades bland annat med avseende på innehåll av lignin, kolhydrater, cellulosa och hemicellulosa, se tabell 6.

Tabell 5. Information om vallen som skördades i projektet till labbförsöken

	Eng. rajgräs	Lusern	Röd- klöver	Timotej	Ängs- svingel	Rör- svingel	Timotej	Ängs- svingel
Sort	SW Birger	SW Nexus	Peggy	Rakel	Tored	Swaj (kompl. m. SW TF5002)	Grind- stad	SW Intensiv Småland SW 948
Skördedatum	180529	180531	180611	180605	180605	180605	180529	180529
Ort	Svalöv (Sv)	Svalöv	Lännäs (Lä)	Lännäs	Lännäs	Lännäs	Viken (Vi)	Viken
Insåningsår	2017	2017	2016	2017	2017	2017	2017	2017
Gödning, skördeår vår	N27 350 kg/ha	K ₂ SO ₄ 42 S 18	300 kg/ha PK 11- 21	409 kg/ha NPK 22- 6-6	409 kg/ha NPK 22-6-6	409 kg/ha NPK 22- 6-6	20 m3 stall- gödsel, NS 27-4 l	20 m3 stall- gödsel, NS 27-4 l
Växtskydd, l/ha	Ariane S 2,5, Legacy 0,1	Basagran 1,5 kg/ha, Rapsodi S 0,5	-	-	-	-	Grantil 14 g, Rapsodi super 0,5 l, Mantrac 1 l	Grantil 14 g, Rapsodi super 0,5 l, Mantrac 1 l
Skörd, kg TS/ha	7 387	6 539	4 513	4 167	4 645	3 482	~4 000	~4 000
Färsk/ensil.	Färsk	Färsk	Färsk	Färsk	Färsk	Färsk	Ensil.	Ensil.
TS-halt, %	25	28,6	14,1	24	21,4	21,1	28,5	28,5

3.2 Resultat

Analysresultaten för de vallgräs och -baljväxter som användes i labbförsöken presenteras i tabell 6.

Tabell 6. Analysresultat vallgröda

	Eng. rajgräs	Lusern	Röd-klöver	Ängssvingel	Rör-svingel	Timotej (ens.)
pH	5,98	5,78	5,42	6,24	6,81	4,16
Lignin, % TS						
Klason	13,6	15,4	11,8	13,6	13	12,9
Syralösligt	5,4	5,5	6,5	5,6	5,6	7,8
Tot.	19	20,9	18,3	19,2	18,6	20,7
Aska	7,2	6,1	8,2	7,1	8,4	7
C, % av TS	44,2	44,5	43,5	44,5	43,8	45,6
H, % av TS	6,3	6,2	6,2	6,2	6,1	6,5
N, % av TS	1,5	2,5	2,4	1,9	2	3,1
O, % av TS	40,8	40,7	39,6	40,3	39,6	37,7
Råproteinhalt, % av TS	9,4	15,6	15	11,9	12,5	19,4
Arabinos, g/kg TS	32,4	26,2	21,6	26,5	26	29,7
Galaktos, g/kg TS	15	23,1	23,8	13,7	10,9	16,3
Glukos, g/kg TS	282	247	254	290	267	233
Xylos, g/kg TS	124	62,1	33,1	137	140	106
Mannos, g/kg TS	1,8	11,9	8,8	1,8	1,8	2,8
Kolhydrater tot., g/kg TS	455,2	370,3	341,3	469	445,7	387,8
NDF	58,2	40,1	36,3	-	61,4	-
ADF	35,8	32,6	24,6	-	34,3	-
Cellulosa	30,4	27,1	18,1	-	28,7	-
Hemicellulosa	22,4	7,5	11,7	-	27,1	-

4 Krav på vall till etanol

I dagsläget saknas kunskap om vilka krav som ställs på vallen när den ska användas till etanolproduktion.

Kvalitet och arbetsmiljö

Vilken kvalitet på biomassan (halm eller vall) som kan accepteras avgörs av hygienbestämmelser för foder samt arbetsmiljö för personal som arbetar i processen.

Vilka krav som kan ställas på vallen om den ska användas till etanol kan dels baseras på vad etanolen och andra produkter ska användas till. Om etanolanläggningen producerar och säljer drank till foder som en biprodukt går det under foderlagstiftningen, vilket innebär att råvaran inte får innehålla toxiner. Detta innebär att möjlig halm inte är acceptabel. Om man inte säljer drank till djurfoder finns i detta avseende inga hinder, dock kan då arbetsmiljön bli ett problem.

Då C5-socker ska utnyttjas för etanolproduktionen som är fallet vid vall som substrat för fermentationen används en GMO-jäst. Då GMO-jäst används får ej dranken användas som foder enligt gällande regelverk.

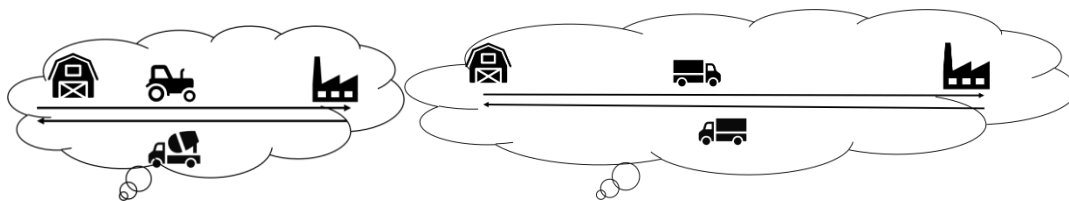
Hanteringstekniska aspekter

För att säkerställa ett väl fungerande och kostnadseffektivt hanteringssystem kan tekniska krav ställa på vallen, på leverantören av vallen och på den plats där hämtning sker. Exempel på parametrar som kan ställas krav på för leverans är:

- Vallens vattenhalt och kvalitet för en bra lagring, etanolprocess samt arbetsmiljö vid hantering av balarna.
- Typ av vall som accepteras.
- Minsta mängd vall per gård eller lagringsplats för att säkerställa kostnadseffektiv transport
- Krav på lastplats och lastning så att hämtning kan ske under olika tider på året samt anpassat till de transportfordons som används t.ex. vändplats etc.
- Kriterier för avvisning av last. Vilka villkor som gäller om vallen inte håller de krav som ställts upp för t.ex. kvalitet.

5 Konceptutveckling

Två alternativa koncept har identifierats för leverans av vall till etanolproduktion, se figur 4. Till vänster illustreras konceptet för en gård som är belägen på kort avstånd till Agroetanol. Vall kan levereras in med traktor färsk till anläggning. Gården kan ta emot flytande restströmmar som uppstår på anläggningen. Den högra figuren visar konceptet för en gård på längre avstånd från etanolanläggningen. Ensilerad vall levereras med lastbil från gården och i första hand fasta restströmmar skickas i retur till gården.



Figur 4. T.v.: Illustration av konceptet för en gård nära etanolanläggningen. T.h.: Illustration av konceptet för en gård belägen på längre avstånd från etanolanläggningen.

5.1 Gården nära

Färsk vall har högre vattenhalt vilket innebär större mängder vall att transportera och dyrare transportkostnader. Leverans av färsk vall bör därför ske från gårdar i närheten av Agroetanol.

Lantbrukaren anlägger vallen och ett kontrakt skrivs med etanolanläggningen för leverans av vall under vallens liggtid, 2–3 år. Lantbrukaren ser till att vallen är tillgänglig under skörd, entreprenör eller lantbrukare sköter, gödslar mm. Eftersom vallen levereras färsk behövs inget lager.

Det krävs en hel del planering och samordning mellan olika gårdar för att få systemet att fungera så att färsk vall skördas och levereras kontinuerligt under hela skördesäsongen. Därför föreslås att arbetet utförs av en extern entreprenör. Beroende på avstånd från anläggning, mängd som ska levereras per dag sker samt maskinval sker transporten med traktor eller lastbil.

Färsk vall kan tillföras anläggningen från slutet av maj till slutet av oktober. För detta föreslås ett system som beskrevs i projektet Färsk och lagrade grödor. Förslagsvis skördas vallen tre gånger per säsong. Principen framgår av figur 5. Till exempel, det fält som skördades första gången vecka 23 kommer att skördas andra skörden vecka 31 och

tredje skörden vecka 39. Det innebär att en bestämd areal avsätts för färsk inmatning i anläggningen.

Eftersom vallen tillväxer innebär upplägget med lika stor vallareal som skördas varje vecka att skördade mängder kommer variera stort framför allt för första skörden. Att låta anläggningen gå på 100% färsk vall är därför svårt. Ett alternativ kan vara att försöka skörda lika stora mängder varje vecka och under första skörden minska den areal som skördas per vecka i takt med att avkastningen ökar. Då kommer istället mängderna i återväxtskördarna att variera mer i storlek. För att täcka etanolanläggningens behov kompletteras med ensilerad vall eller halm.

Ett sätt att förlänga säsongen för inmatning av färska grödor skulle kunna vara att även skörda och leverera mellangrödor vilka ofta skördas på hösten.

Vecka	Månad	ensilage	1a skörd	2a skörd	3e skörd
1-21	januari-maj				
22	maj		Fält A		
23	juni		Fält B		
24	juni		Fält C		
25	juni		Fält D		
26	juni		Fält E		
27	juni/juli		Fält F		
28	juli		Fält G		
29	juli		Fält H		
30	juli			Fält A	
31	juli/augusti			Fält B	
32	augusti			Fält C	
33	augusti			Fält D	
34	augusti			Fält E	
35	augusti			Fält F	
36	augusti/september			Fält G	
37	september			Fält H	
38	september				Fält A
39	september				Fält B
40	september/oktober				Fält C
41	oktober				Fält D
42	oktober				Fält E
43	oktober				Fält F
44	oktober/november				Fält G
45-52	november-december				
	Ensilerad vall				
	Färsk vall				

Figur 5. Schema som visar när under året som etanolanläggningen förses med färsk respektive ensilerad vall.

De korta transportavstånden gör det intressant att återföra restströmmar med högt vatteninnehåll, under förutsättningar att gården har infrastruktur i form av behållare och bassänger för mottagning.

5.2 Gården långt borta

För gården med lägre avstånd till etanolanläggningen är det i första hand odling och leverans av ensilerad vall som är aktuellt. På längre transportavstånden är lastbilstransport fördelaktigt.

Även här anlägger lantbrukaren vallen och ett kontrakt skrivs med etanolanläggningen för leverans av vall under vallens liggtid, 2–3 år. Beroende på förutsättningar och intresse väljer lantbrukaren att endast anlägga vallen och eventuellt gödsla etc. eller att även skörda och transportera vallen till mellanlager på gård eller närliggande plats.

Lantmännen upprättar en leveransplan som talar om när under vintersäsongen som ensilaget ska levereras. Själva transporten kan utföras av lantbrukaren i egen regi eller av en transportör.

Framför allt fasta restströmmar med låg vattenhalt kan skickas i retur från anläggningen till gården.

6 Slutsatser och fortsatt forskning

- I projektet har sex arter av gräs och baljväxter undersökts för användning till etanolproduktion. De analyser som gjordes visar att alla undersökta arter fungerar för etanol- och biooljaproduktion.
- Det råder brist på kunskap om hur vallodlingen ska anpassas för etanolproduktion, dvs. odlas, skördas och hanteras. Parametrar som kvarstår att undersöka kopplade till odlingssystemet är t.ex. skördetidpunkt och antal skördar per år.
- Detta projekt har utifrån tidigare erfarenheter givit förslag på hur ett system för tillförsel av vall året runt till en etanolanläggning skulle kunna utformas. För att komma vidare krävs t.ex. praktiska tester av maskiner och utrustning i tillförselkedjan samt hur och när sönderdelning av vallen bör ske med fokus på maximalt etanolutbyte.
- Två koncept för tillförsel av vall togs fram. Ett nästa steg är att testa konceptet i praktiken genom beräkningar för verkliga gårdar samt uppskalning genom t.ex. fältförsök.

7 Referenser

Agrilogg, 2020. <https://agrilogg.no/funksjonalitet/>

AGROinLOG, 2020. agroinlog-h2020.eu/sv/startside/

Ambye-Jensen, M., Johansen, K. S., Didion, T., Kádár, Z. & Meyer, A. S. 2014. Ensiling and hydrothermal pretreatment of grass: consequences for enzymatic biomass conversion and total monosaccharide yields. *Biotechnology for Biofuels* 2014 7:95.

Andersson, T. & Wivstad, M. 1992. Vall i växtföljden: betydelsen av vallens ålder och botaniska sammansättning, resultat från försöksserien R4-1901. Rapport 38, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Axelson, U. & Andersson, S., 2017. Systemskifte i vallodlingen. Skaraborg Rapport 1_2017. Hushållningssällskapet, Skara.

Biowert Industrie GmbH, 2018. <https://biowert.com/>

Björnsson, L., del Pilar Castillo, M., Gunnarsson, C., Svensson, S-E., & Wallberg, O., 2014. Förbehandling av lignocellulosarika råvaror vid biogasproduktion - Nyckelaspekter vid jämförande utvärdering. (Miljö- och Energisystem, Lunds universitet; Vol. 92). Miljö- och energisystem, LTH, Lunds universitet.

Demirbas, M., 2009. Biorefineries for biofuel upgrading: a critical review. *Applied Energy* 86:S151-S161.

Glazer, A.N. & Nikaido, H., 2007. *Microbial Biotechnology. Fundamentals of applied microbiology*, second edition. Cambridge University press.

Grassa, 2020. www.grassa.nl/

Grovfoderverktyget, 2019. www.grovfoderverktyget.se

Gunnarsson, C., Ahlström, A., Ljungberg, D., Prade, T., Rosenqvist, H., Svensson, S-E., 2017. Fresh and ensiled crops – a new way to organize all-year round substrate supply for a biogas plant. Report No 2017:07, f3 The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels, Sweden. Available at www.f3centre.se.

Hálfðánarson, H. E., 2015. Ethanol Production from Timothy (*Phleum pratense* L.). MS-Thesis. Faculty of Land and Animal Resources. Agricultural University of Iceland.

Hästkraft, 2020. <http://hastkraft.com/>

IBC Finland, 2020. <https://www.ibcfinland.fi/projects/innofeed/>

IBERS, 2009. Ryegrass: A New Option for Biofuel, vol. 60. Institute of Biological, Environmental and Rural Sciences, Aberystwyth, pp. 14-15.

IEA Bioenergy, 2019. Biowert grass biorefinery, biobased plastics, Germany. IEA Bioenergy: Task 37: June 2019. https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2019/07/IEA_grass-refinery_end.pdf

Jordbruksverket, 2019. www.jordbruksverket.se

Lingman, C., Lingmans Konsult AB Maskin & växtodling. 2020. Personlig kommentar. 2020-02-12

Ljungberg, D., Gunnarsson, C., de Toro, A., 2013. Optimerad logistik för biogasproduktion [Optimized logistics for biogas production]. Rapport Nr 2013:21, f3 svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel, Sverige. Tillgänglig på www.f3centre.se.

Lundén Pettersson, K. & Lindgren, S. 1989. The influence of the carbohydrate fraction and additives on silage quality. *Grass and Forage Science* 45, 223-233.

McDonald, P., Henderson, N., Heron, S. 1991. *The Biochemistry of Silage*. Second Edition, Chalcombe Publications, Marlow, Bucks, UK.

Ministry of Environment and Food of Denmark, 2020a. <https://mst.dk/erhverv/groen-virksomhed/groent-udviklings-og-demonstrationsprogram-gudp/gudp-projekter/2019-projekter/dlg-bioraf/>

Ministry of Environment and Food of Denmark, 2020b. <https://mst.dk/erhverv/groen-virksomhed/groent-udviklings-og-demonstrationsprogram-gudp/gudp-projekter/2019-projekter/tailorgrass-bioraf/>

SCB, 2019. Jordbruksmarkens användning 2019. Preliminär statistik. JO 10 SM 1901, Jordbruksverket, Jönköping.

Silicon canals, 2019. Grassa: This Dutch startup raises €2M funding to develop efficient biorefinery technology for processing grass and vegetable waste. <https://siliconcanals.com/news/grassa-this-dutch-startup-raises-e2m-funding-to-develop-efficient-biorefinery-technology-for-processing-grass-and-vegetable-waste>

Sveinsson, T., & Hermannsson, J. 2010. Ræktun orkujurta á bújörðum, forsendur og framtíðarhorfur [Biomass production, premises and prospects]. Fræðaðing landbúnaðarins (Vol. 7, pp. 36-45). Reykjavík: BÍ, LbhÍ, L.r., S.r., Hólar, VMS, MAST, HAG, Mátis.

Taurus Energy, 2020. <https://taurusenergy.eu/>

Tidåker, P., Rosenqvist, H., Gunnarsson, C., Bergkvist, G., 2016. Räkna med vall. Hur påverkas ekonomi och miljö när vall införs i spannmålsdominerade växtföljder? Rapport 445, Lantbruk & Industri. JTI –Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala

Bilaga 1. Information och egenskaper hos våra vanligaste vallgräs- och klöversorter

Sort	Allmän information	Egenskaper
Rödklöver	Vår mest odlade vallbaljväxt	Passar bäst i två- till treskordesystem. Låg sockerhalt och högt proteininnehåll. Timotej och rödklöver passar bra att odla tillsammans. Kraftig tillväxt, snabb återväxt.
Vitklöver	Viktigaste baljväxten i betesvallen, även bra i slåttervallen pga. andelen klöver blir jämnare inom och mellan åren jämfört med rödklöver	Bör skördas tre till fyra gånger per säsong. Passar bra att samodla med t.ex. ängssvingel och engelskt rajgräs. Något högre energiinnehåll jämfört med rödklöver. Förhållandevis mer blad och mindre stjälk än vid skörd av rödklöver.
Lusern	Vallbaljväxt, lämpar sig bättre till ensilage än till hö. Med lusern menas här blålusern.	Stor avkastning för såväl protein som torrsubstans. Långsam etablering men utvecklas snabbt i vallen efter år 1 Samodling funkar bra med exv. hundäxing eller ängssvingel. Torktålig.
Timotej	Vårt mest odlade vallgräs	Ger stor avkastning i första skörd, men lämnar något svag återväxt. Har hög sockerhalt och bra fiberkvalitet. God vinterhärdighet och uthållighet. Passar bäst i två- till treskordesystem.
Ängssvingel	Vårt näst vanligaste vallgräs, både i betesvallar och slåttervallar där återväxten betas	Passar bra i tresködesystem. Svag stråstyrka. Ersätts i många vallblandningar i södra och mellersta Sverige med rajsvingel och rörsvingel pga. större avkastningspotential och återväxtförmåga hos dessa.
Rajsvingel	Vallgräs, korsning mellan ängssvingel och italienskt rajgräs.	Har större avkastningspotential, men sämre uthållighet jämfört med ängssvingel. Bör skördas tre gånger.
Engelskt rajgräs	Vallgräs	Ett högväxtande gräs med stor konkurrenskraft och hög energihalt. Snabb återväxt, bör därför skördas 3-4 gånger. Ej särskilt vinterhärdig, passar därför bra i tvåårsvallar.

Källa: Jordbruksverket, 2019

Bilaga 2. Intervjufrågor lantbrukare Östergötland

1. Allmänt

1.1 Vad odlar ni idag på gården? (Grödor och arealer)

1.2 Säljer ni några produkter till Lantmännen och/eller Agroetanol?

1.3 Hur intressant skulle det vara för dig att leverera halm och vall till etanol och vad beror intresset på?

1.4 Har ni erfarenhet av att odla vall?

1.5 I vilken grad vill ni vara inblandad i vallodlingen? (Sköta allt själva från odling till leverans/Endast ställa marken till förfogande/Något däremellan, vad?)

1.6 Är ni ekologiska odlare eller funderar på att ställa om?

2. Odling

2.1 Hur ser er nuvarande växtföljd ut och hur vill ni att den ska se ut om vall inkluderas?

2.15 Vilken gröda kommer vallen att ersätta?

2.25 På vilka marker kommer vall odlas, bästa—sämsta, längst bort?

2.2 Vilka önskemål har ni på vallsorter/arter? Vad vill ni få ut av vallen, t.ex. kvävefixering är viktigt?

2.3 Vilka mervärden ser ni av att få in vall i växtföljden?

2.4 Hur ser ni på att skörda och föra bort halm och vall från åkern?

2.5 Skördar ni någon halm idag, hur ofta/mycket och vad används den till?

2.6 Hur skulle ni vilja utforma er växtföljd; hur många år vall, hur många skördar etc.?

3. Hantering

3.1 Har ni egna maskiner för det ni producerar idag eller används t.ex. maskinstationer för vissa moment?

3.2 Har ni maskiner för vallskörd?

3.3 Har ni t.ex. plansilo alternativt plats för att bygga lager?

3.4 Finns det någon annan plats som ni känner till som skulle kunna användas som mellanlager/"hub" inför leverans till Lantmännen?

3.5 Går det att få fram den stora kapacitet som behövs?

3.6 Hur snabbt vill ni att halmen ska bortforslas från fältet?

4. Affärssystemet

4.1 Hur skulle ni vilja att systemet för att sälja vall och halm till Lantmännen utformas?

4.2 Är ni intresserade av att ta emot några restströmmar från lantmännen som kompensation?

4.3 Hur vill ni sälja halm/vall? Med kontrakt eller efter skörd?

4.4 Hur vill ni kontraktera? Areal eller mängd, ettåriga eller fleråriga?

4.5 Var vill ni sälja, i sträng, efter pressning eller efter leverans?

4.6 Vad anser ni vara en rimlig prissättning?

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 200 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



S

RISE Research Institutes of Sweden AB
Box 7033, 750 07 UPPSALA
Telefon: 010-516 50 00
E-post: info@ri.se, Internet: www.ri.se

Jordbruk och livsmedel
RISE Rapport 2020:31
ISBN: 978-91-89167-13-
1