

Räkna med vall

– Hur påverkas ekonomi och miljö när vall införs i spannmålsdominerade växtföljder?

Pernilla Tidåker
Håkan Rosenqvist
Carina Gunnarsson
Göran Bergkvist



Foto: Sofia Bureborn/JTI

Räkna med vall

– Hur påverkas ekonomi och miljö när vall införs i spannmålsdominerade växtföljder?

Pernilla Tidåker
Håkan Rosenqvist
Carina Gunnarsson
Göran Bergkvist

En referens till denna rapport kan skrivas på följande sätt:

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

Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning	7
Bakgrund.....	8
Syfte och mål	9
Rapportens upplägg	10
Vall i växtföljden - en kunskapsöversikt	10
Vallens avkastning	10
Vallens skördehöjande potential	12
Vall och kolinlagring.....	13
Samband mellan kolhalt och skördenivå.....	14
Beskrivning av valda odlingssystem i tre regioner	16
Exempel på växtföljder i tre regioner	16
Skördenivåer för ettåriga grödor	16
Skördenivåer för vall	18
Antagna skördenivåer i vallväxtföljderna	19
Ekonomi.....	21
Metod	21
Intäkter.....	22
Insatsmedel och gödsling.....	22
Maskiner och arbete.....	23
Innehåll av energi och protein	24
Resultat och diskussion	24
Skåne	24
Västra Götaland	26
Uppland	28
Jämförelse mellan de olika områdena	29
Känslighetsanalyser	32
Slutsatser från de ekonomiska beräkningarna	35
Livscykelanalys	37
Delstudiens syfte och omfattning	37
Syfte och funktionell enhet.....	37
Miljöaspekter	37
Systemgränser.....	37
Grundantaganden	38
Växtföljder och skördenivåer	38
Fältarbeten och gödsling.....	39

Vallens hanteringskedja.....	40
Rötning av vallen och hantering av rötresten	40
Övrig indata	42
Resultat och diskussion	42
Energi.....	42
Växthusgaser	43
Övergödning	45
Förurning.....	46
Känslighetsanalys	47
Slutsatser från livscykelanalysen	48
Sammanfattande diskussion.....	49
Sammanfattande slutsatser.....	52
Referenser	53
Bilaga 1	59
Bilaga 2: Bekämpningsmedelsanvändning i kalkylerna	61
Bilaga 3. Hanteringskedja för vallfoder.....	65
Bilaga 4. Vidareförädling av vall genom fraktionering och torkning.....	67
Fraktionering av växtmaterial från vall	67
Hetluftstorkning av vallfoder	68

Förord

Denna rapport sammanfattar projektet ”Räkna med vall – ekonomi och miljöeffekter av vall i spannmålsdominerade växtföljder ” som genomfördes åren 2014-2016. Pernilla Tidåker, JTI, var projektledare och ansvarade även för LCA-delarna. I projektet arbetade även Göran Bergkvist (SLU), med särskilt ansvar för odlingsfrågor och växtföljdseffekter, samt Håkan Rosenqvist (fristående forskare) som gjorde de ekonomiska beräkningarna och analyser. Carina Gunnarsson (JTI) bistod med underlag och textbearbetning. Martin Sundberg (JTI) bidrog med text om fraktionering av vall och Andras Baky (JTI) med uppgifter om vallfoder-kedjan och biogasprocessen. Birgitta Båth (SLU) tog fram försöksdata och bearbetade dessa om vallens effekter på avkastningen i efterföljande grödor.

Ett stort tack riktas Jon Orvendal (Lantmännen), Helena Elmquist (Odling i Balans) och Lars Sjösvärd (Swedish Biogas International) som ingick i referensgruppen och som bidrog med värdefulla kommentarer under projektets gång.

Projektet finansierades av Stiftelsen Lantbruksforskning (SLF).

Uppsala 20 december 2016

Ola Palm
Forskningschef

Sammanfattning

För att få bättre vetskap om och när det är intressant att börja odla vall i slättbygder måste vallens effekter genom hela växtföljden kvantifieras. Projektets övergripande syfte var att belysa hur skördenivåer, ekonomi och miljö påverkas när tvååriga blandvallar införs i växtföljder med ettåriga grödor. Specifika mål var att visa hur produktionskostnad och lönsamhet samt energi- och proteinproduktion ändras i tre regioner när vall införs i växtföljder. Vi utvärderade även energianvändning och miljöpåverkan med livscykelanalys när vall för biogasproduktion införs i en växtföljd med enbart spannmål i Uppland. De ekonomiska beräkningarna utgick från typiska växtföljder i Skåne, Västra Götaland och Uppland. Livscykelanalysen jämförde även tre valltyper (ogödslad och gödslad blandvall, samt gödslad gräsvall).

Nuvarande riktlinjer för gödsling från Jordbruksverket anger bara meravkastning för grödan som följer direkt efter vall. Vår genomgång av svenska fältförsök illustrerar dock att vall har potential att höja skördarna även för övriga grödor i växtföljden. Den positiva effekten av vall på stråsädesskördarna förefaller uppträda redan i första växtföljdsomloppet och ökar sedan inte tydligt över tiden. Med klöver i vallen minskar dessutom behovet av att tillföra kväve. Vall i växtföljden ger även ett lägre ogrässtryck vilket minskar behovet av herbicider.

En kombination av ökade skördar i andra grödor, minskade kostnader för insatsmedel (bekämpningsmedel och kvävegödsel) per ton producerad vara och genom att grödor med sämre lönsamhet i växtföljden ersattes med vall innebar att lönsamheten förbättrades i samtliga tre områden när vall infördes i växtföljden. Förbättringen av lönsamheten som genomsnitt för hela växtföljden var störst i den antagna växtföljden i Uppland (1362 kr/ha) och minst i växtföljden i Skåne (993 kr/ha) baserat på ett vallpris på 1,25 kr/kg ts fritt levererat till användare (7 km). I växtföljden i Västra Götaland ökade lönsamheten med 1176 kr/ha. Tack vare vallens positiva effekt på övriga grödor kan vall som träda vara ett ekonomiskt intressant alternativ i vissa områden när avsättning saknas för vallfoder.

De faktiska produktionskostnaderna för blandvallen var lägst i Skåne och högst i Uppland. Eftersom värdet av vallen är större i växtföljder med färre grödor med positiv förfruktseffekt att välja mellan, behövdes ett lägre pris på vallen för att uppnå samma lönsamhet i växtföljderna i Uppland än i Skåne.

Genom att föra in en tvåårig vall för biogasproduktion i en växtföljd med tre år spannmål kan odlingen bli nettoleverantör av energi eftersom energivinsten när diesel kan ersättas av biogas är väsentligt större än energianvändningen för hela produktionskedjan för spannmål och vall.

Att odla vall för biogasproduktion är positivt ur klimatsynpunkt på flera sätt; fossila bränslen kan ersättas, kolinlagringen ökar och kvävegivorna kan minskas. Det är dock viktigt att metanutsläppen under biogasprocessen och vid hanteringen av rötresten hålls låga. Klövergräsvall är särskilt intressant som biogasgröda eftersom den kan göra vallen självförsörjande på kväve, leverera kväve till nästkommande års gröda vid vallbrott och dessutom genererar en kväverik rötrest som kan ersätta mineralgödsel till andra grödor. Utsläpp av försurande och övergödande ämnen per ton spannmål ökade dock.

För att öka intresset för vall i slättbygderna behövs ökade avsättningsmöjligheter. Mer vall i mjölk- och nötköttsproduktionen, ökat samarbete mellan djur- och växtodlingsgårdar och vall för produktion av biogas är intressanta möjligheter. På längre sikt kan det bli aktuellt att utvinna koncentrerat protein för enkelmagade djur ur vallbiomassa. Dock återstår många utmaningar att lösa för att detta ska kunna implementeras i stor skala.

Bakgrund

Vall i växtföljden ökar kolinlagringen och avkastningen av efterföljande grödor jämfört med odling av endast spannmålsgrödor (Andersson och Wivstad, 1992; Bolinder m.fl., 2010; Tidåker m.fl., 2014). Vall ger dessutom förutsättningar för ett lägre ogrässtryck i efterföljande ettåriga grödor genom att försvåra uppkomsten av ettåriga ogräs (Andersson och Milberg, 1996), vilket minskar behovet av herbicider på längre sikt. Detta i sin tur minskar risken för framtida hebicidresistens. Klöverns kvävefixering minskar behovet av mineralgödselkväve, vilket påverkar odlingens energianvändning och klimatavtryck. En liggande vall är dessutom positiv för att minska risken för kväveutlakning (Larsson m.fl., 2005). Vallodling är alltså förknippad med många positiva miljöaspekter. Vallbrott av klöverrika vallar innebär dock en risk för betydande kväveminerisering utanför växtsäsongen vilket både kan leda till dåligt kväveutnyttjande och kväveutlakning (Francis m.fl., 1992).

Vallodling rymmer hela skalan från intensivt till extensivt skötta vallar med varierande grad av baljväxtinblandning och användningsområden. Man kan därför förvänta sig olika effekter av att införa vall i växtföljden beroende på valltyp, vilka andra ettåriga grödor som odlas i växtföljden och hur skördarna av dessa påverkas. Till skillnad från många ettåriga grödor kan flerårig vall även ha en långsiktig positiv effekt på markens produktionsförmåga (Persson m.fl., 2008). En förutsättning för att det ska vara intressant för en lantbrukare att börja odla vall är att den ger ett positivt ekonomiskt utfall sett ur ett helt växtföljdsomlopp.

Lönsamheten i traditionell spannmålsodling har varit relativt svag och då speciellt för vårspannmål under senare år (Jordbruksverket 2014a; 2015; 2016a). Högre skördenivåer, mindre andel av de minst lönsamma grödorna, mindre andel av spannmålen med spannmål som förfrukt samt minskad mängd insatser per producerad enhet är några sätt som kan förbättra lönsamheten på växtodlingsgårdar. Genom att införa vall i spannmålsdominerande växtföljder finns möjlighet att åstadkomma dessa lönsamhetsförbättringar.

Den regionala uppdelningen mellan specialiserad växtodling och mjölk- och nötköttsproduktion har inneburit att vallodling dominerar växtföljderna i skogsbygderna. Lägst andel vall och högst andel spannmål i växtföljden har Uppsala, Skåne och Västmanlands län (SCB, 2014). Skrymmande vall ger höga transportkostnader vilket försvårar avsättningen av vall för gårdar utan egen mjölk- eller nötköttsproduktion. Renodlade växtodlingsgårdar behöver därför avsättningsmöjligheter som är tillräckligt attraktiva för att introducera vall i växtföljden och därmed ta del av de positiva effekter som en vall kan ge. Tänkbara avsättningsmöjligheter är till exempel som foder till häst eller nötkreatur på närliggande gårdar eller som substrat för biogasproduktion.

Vall har länge förts fram som ett energieffektivt och klimatsmart substrat för biogasproduktion (Smyth m.fl., 2009; Börjesson & Tufvesson, 2011). Trots vallens många positiva effekter i växtföljden är odling av vall för biogasproduktion en marginell företeelse i Sverige och övriga Europa. I Tyskland, som har en stor biogasproduktion, är det framförallt andra ettåriga grödor, huvudsakligen majs, som används som substrat (Osterburg & Röder, 2013). En tänkbar anledning till att vallen inte används mer för biogasproduktion kan vara att vallens många positiva egenskaper i växtföljden inte inkluderas fullt ut, varken i den ekonomiska eller miljömässiga analysen. Genom att sätta ett värde på de kort- och långsiktiga effekterna av att introducera vall och vad detta kan innebära för andra grödor i växtföljden, synliggörs vallens många funktioner.

Vallodling för energiproduktion innebär att areal som tidigare använts för foder- och livsmedelsproduktion måste produceras någon annanstans, vilket ökar trycket på att omvandla

tropisk skog och permanenta gräsmarker till åkermark. Denna indirekta markanvändnings-effekt, eller på engelska *indirect land-use change* (iLUC), kan få stor betydelse när ett system utvärderas med livscykelanalys (LCA). I en LCA är det viktigt att belysa både negativa indirekta effekter av förändrad markanvändning, men även hur dessa kan motverkas av positiva direkta effekter som ökad skörd, kolinlagring etc. (Tidåker m.fl., 2014). En LCA illustrerar även vad i systemet som är viktigt för att vallen ska göra miljönytta.

För att värdera den mångfunktionella vallen måste alltså effekter på produktionen och miljön kvantifieras genom att analysera hela odlingssystemet. Genom att göra detta kan lantbrukare och beslutsfattare på olika nivåer få ett mer komplett beslutsstöd för hur ekonomin och miljön påverkas vid utökad vallodling.

Syfte och mål

Projektets övergripande syfte var att belysa hur skördenivåer, ekonomi och miljö påverkas när tvååriga vallar införs i växtföljder med endast ettåriga grödor.

De specifika målen var att:

- Visa hur produktionskostnad och lönsamhet ändras i tre regioner när vall införs i växtföljder med ettåriga grödor och hur växtföljdsaspekten påverkar ekonomin.
- Bestämma den totala energi- och proteinskörden i aktuella växtföljder med och utan vall.
- Utvärdera energianvändning och miljöpåverkan när vall för biogasproduktion införs i en växtföljd med enbart spannmål.

Rapportens upplägg

Rapporten består av fyra delar som avslutas med en sammanfattande diskussion och slutsatser. Inledningsvis görs en kort litteraturgenomgång av vall i växtföljden. Vi belyser vallens avkastningsnivå, vallens potential att höja avkastningen av övriga grödor i växtföljden samt kolinlagring kopplat till vall. Därefter följer en beskrivning av typiska växtföljder i tre regioner (Skåne, Västra Götaland och Uppland) och den förväntade skördenivån för olika grödor med och utan vall i växtföljden.

I den tredje delen presenteras ekonomiska beräkningar för växtföljderna i de tre olika regionerna. I varje region jämför vi en typisk växtföljd utan vall med en växtföljd som inkluderar en tvåårig vall. De ekonomiska kalkylerna presenteras både för de enskilda grödorna separat och sammantaget för hela växtföljden.

I den fjärde delen görs en livscykelanalys av spannmålsodling med eller utan vall i Uppland. Analysen inkluderar växtföljder med tre olika valltyper; ogödslad klövergräsvall, gödslad klövergräsvall och gödslad gräsvall.

Avslutningsvis diskuterar vi vilka nya eller utökade användningsområden som finns för vall och förutsättningar för att vallen ska ge kostnadseffektiv miljönytta.

Vall i växtföljden - en kunskapsöversikt

Vallens avkastning

Det saknas tillförlitlig nationell statistik över avkastningen för produktiv vall i intensiva skördesystem. En orsak är att totala avkastningen och antal skördar per säsong skiljer sig mycket mellan intensiv och extensiv vallodling, vilket gör att skörden utslagen på all vallareal blir låg. Till exempel ingår obärgad vallareal i SCB:s statistik, vilket minskar den skattade hektarskörden. En annan orsak till statistikens bristande tillförlitlighet är att den baseras på telefonintervjuer eller inrapportering via internet och att många gårdar som ingår i statistiken varken väger det skördade materialet eller analyserar ts-halten. Dessutom odlas ofta vall i områden som kännetecknas av lägre bördighet. Den bärgade hektarskörden av vall (omräknat till ts) enligt SCB var 4,5 ton i Uppsala län, 4,7 ton i Västra Götaland och 5,5 ton i Skåne län som ett genomsnitt för åren 2009-2013. Det finns alltså skäl att anta betydligt högre avkastningsnivåer för mer intensivt skötta vallar i bördiga områden, vilket är utgångspunkten i vårt projekt. Skördenivåerna för vall som vi utgår från baserades på ett projekt av Gunnarsson m.fl. (2014) som sammanställde avkastningen från fältförsök som jämförde olika flerskördesystem. Dessa uppgifter kompletterades genom att lägga till ytterligare relevanta fältförsök. Sammanställningen inkluderar skörd från de två första vallåren i fleråriga försök med blandvallar (gräs och klöver) utförda i södra och mellersta Sverige (tabell 1). I bilaga 1 finns mer information om försöken.

Tabell 1. Sammanställning av medelvärden för vallavkastning och kvävegödsling baserat på odlingsförsök, beräknat från Gunnarsson m.fl. (2014) samt kompletterande fältförsök.

Antal skördar	Första skörd	Andra skörd	Tredje skörd	Total	N-gödsling
	ton ts/ha	ton ts/ha	ton ts/ha	ton ts/ha	kg N/ha
2	5,3	4,7		10,0	103
3	4,6	3,6	3,0	11,2	163

Avkastningen av olika vallväxter redovisas även i den officiella sortprovningen (Halling, 2012). Dessa försök kan inte användas rakt av för att bedöma skördenivåer i praktisk odling eftersom sorterna (förutom vitklöver) odlas i renbestånd och för att etableringen sker under optimala förhållanden för att ge bästa tänkbara förutsättningar för vallen, till exempel genom låg gödsling av insåningsgrödan. Halling (pers. medd.) anger därför att avkastningen i sortförsöken är ca 20 % högre än i praktisk odling.

Vallskördarna i sortförsöken tenderar att vara något högre i Götaland än i Svealand och södra Norrland och skörden är ofta, men inte alltid, högre i förstaårsvallen (vall I) än i andraårsvallen (vall II) (tabell 2).

Tabell 2. Vallavkastning (ton ts per ha och år) av olika vallväxter under en tioårsperiod i sortförsök i Götaland (syd) samt Svealand och södra Norrland (mellan) (Halling, 2012).

	Vall I syd	Vall II syd	Vall I mellan	Vall II mellan
Rödklöver	12,8	11,3	12,3	9,9
Timotej	13,6	13,0	11,6	12,0
Ängs-, raj-, rörsvingel	13,6	12,4	11,2	12,1
Eng rajgräs, hybridrajgräs, -rajsvingel	14,3	11,3	13,9	11,2

Sammanställd statistik från SCB ger en ytterligare indikation på regionala skillnader i vallens avkastning. Jämfört med den bärgade vallskörden i Skåne län var den rapporterade skörden 82 % i Uppsala län och 86 % i Västra Götaland mellan åren 2009-2014.

Klöverns förmåga att fixera sitt eget kväve innebär att en klöverbaserad vall kan avkasta relativt mycket med liten eller ingen kvävegödsling. Detta illustreras i tabell 3 som redovisar vallskörden av gräsvall respektive klövergräsvall i långliggande försök i Säby (Uppland), Lanna (Västra Götaland) och Stenstugu (Gotland). Vall II bryts efter första skörden, det vill säga i slutet av juni eller början av juli. Gräsvallen gödglas med 0-240 kg N/ha (vall I) och 0-135 kg N/ha (vall II), medan klövergräsvallen gödglas beroende på andel klöver. Är andelen under 25 % på våren gödglas den som gräsvallen, är den mellan 25 och 50 % ges en reducerad giva och är andelen över 50 % ges inget kväve alls. Det vanligaste är att inget kväve ges på försöksplatserna på grund av hög klöverandel i vallen. Avkastningen var ändå helt lika i genomsnitt på Stenstugu, som är den mest vattenbegränsade försöksplatsen. På Lanna och Säby var blandvallens avkastning 82 % respektive 87 % av den fullgödslade gräsvallens. Den mindre skillnaden på Säby kan bero på att skyddsgrödan där ofta är kraftigare, bland annat beroende på

stor frigörelse av kväve från marken, vilket leder till mindre andel klöver och att blandvallen därför något oftare har tillförts mineralkväve. Vid de två lägsta kvävegivorna avkastade blandvallen betydligt bättre än gräsvallen (ej redovisat här).

Tabell 3. Genomsnittlig totalavkastning av gräsvall I och II som gödslats med 240 kg N/ha och av blandvall I och II som endast gödslats de år då klöverandelen var låg i tre pågående försök som startades på 1960-talet.

	Gräsvall (ton ts/ha)	Blandvall (ton ts/ha)
Säby	15,5	13,5
Lanna	16,0	13,1
Stenstugu	12,7	12,7

Generellt tas fler skördar i södra Sverige än i norra Sverige, beroende bland annat på växstsäsongens längd. Odlingens intensitet och vallens användning påverkar dock också antalet skördar. Antalet skördar blir en avvägning mellan foderkvalitet och kostnader då ökade kostnader för fler skördar måste vägas upp av ökat värde på vallen på grund av förbättrad näringskvalitet.

Vallens skördehöjande potential

Vall i växtföljden förbättrar markstrukturen och kan ha en sanerande effekt i växtföljder som domineras av stråsäd (Lindén, 2008). I Jordbruksverkets (2014b) rekommendationer för gödning och kalkning anges vilken meravkastning som lantbrukaren kan förvänta sig på den efterföljande grödan beroende på förfrukt (tabell 7). Efter blandvall anges en förväntad meravkastning på 800 kg/ha för höstvetete och 500 kg/ha för vårsäd jämfört med spannmål som förfrukt. Motsvarande siffror för gräsvall är 400 kg/ha för höstvetete och 200 kg/ha för vårsäd. Det finns inga uppgifter i Jordbruksverkets rekommendationer om meravkastning för fler grödor i växtföljden än den som direkt följer efter vallen.

Mellan 1974 och 1985 genomfördes en omfattande försöksserie med sammanlagt 25 försök som undersökte betydelsen av vallålder och vallsammansättning för avkastningen hos efterföljande grödor (Andersson och Wivstad, 1992). I dessa försök jämfördes effekten av vallarna med avkastningen hos stråsäd efter oljevaxter som förfrukt för att beräkna förfruktseffekter. Vi har i denna rapport använt resultaten från denna försöksserie som bas för att beräkna för- och förfruktseffekter av blandvallar i vår studie. För att kunna sätta ett värde på vallens förfruktseffekt jämfört med spannmål antar vi att meravkastningen för höstvetete efter våroljevaxter är 800 kg/ha, i enlighet med Jordbruksverkets riktlinjer. Genomsnittlig meravkastning för tre olika kvävegivor efter tvååriga gräs- och baljväxtvallar var med detta beräknings sätt 1 ton/ha för höstvetete som följer direkt efter vallbrott och 0,5 ton/ha andra året med höstvetete. För rena baljväxtvallar var meravkastningen för höstvetete som följer direkt efter vallen 1,2 ton och för gräsvallar vid de två högsta kvävegivorna var den 0,7 ton. Rena baljväxtvallar hade alltså större effekt på avkastningen första året efter vallen, men andra året hade gräsvallarna i genomsnitt större effekt.

Internationellt finns få experiment publicerade som på ett lika systematiskt sätt som Andersson och Wivstad (1992) undersökt betydelsen av vall för avkastningen hos efterföljande grödor. Johnston m.fl. (1994) jämförde effekten av ett- till sexåriga vallar med engelskt rajgräs/vitklöver på fyra efterföljande grödor. Utan tillfört kväve avkastade höstvetet mer än tre ton/ha mer efter de äldre vallarna än efter ettårsvallen, medan skillnaden var ca 0,5 ton/ha när 250 kg N/ha tillfördes höstvetet. Vid de högre kvävegivorna spelade vallåldern mindre roll än vid de lägre. Höstvetet tre år efter vallbrottet avkastade 1- 2 ton/ha mer efter de äldre vallarna än efter ettårsvallen. Sambandet mellan gödslingsnivå och storleken på vallens effekt var inte tydligt, men i de flesta fall var vallens effekt större vid lägre kvävegivor än vid högre. Även skördarna av potatis och åkerböna år 2 respektive år 4 gynnades av vallarna, men inte lika mycket som höstvetet.

Det finns en hel del långliggande försök där effekten av växtföljdsvallar kan studeras, men i de flesta fall sammanblandas effekten av vall med effekten av stallgödsel, där endast led med vall får stallgödsel (Kätterer m.fl., 2013). I en serie pågående långliggande försök (ca 50 år) undersöks effekten av tvååriga gräs- respektive klöver/gräsvallar i sexåriga växtföljder utan att det tillförs stallgödsel i något led (Bergkvist & Båth, 2015). Resultaten visar att havre som odlas tre år efter nedbrukningen av vall avkastar ca 300 kg/ha mer än i systemet utan vall vid normala kvävegödslingsnivåer. Effekten är ungefär lika stor med och utan klöver och dessutom relativt konstant över tiden. Den positiva effekten av vall förefaller uppträda redan i första växtföljdsomloppet och sedan inte öka tydligt över tiden, åtminstone om jordens kvalitet är bra i utgångsläget. Vid låga kvävenivåer avkastar havren betydligt bättre efter klövergräsvallen än efter gräsvallen.

Trots att vallens förfruktseffekt ofta är sammanblandad med stallgödselns effekt i långliggande växtföljdsförsök, finns det ändå en del försök som är användbara för att uppskatta vallens effekt på andra grödor i växtföljden. I fem av de så kallade bördighetsförsöken ingår sockerbetor i växtföljder med och utan vall. Trots att dessa försök pågått i mer än 50 år finns ingen signifikant effekt av vallarna i led där stora mängder N, P och K har tillförts, trots att stallgödsel har tillförts växtföljderna med vall (Carlgren & Mattson, 2010). Tre försök i försöks-serien ”Växtföljder vid olika driftsriktningar”, som startade i slutet av 1950-talet, hade sockerbetor med och utan vall i växtföljderna (ett pågår fortfarande). Dessa försök är mer värdefulla för att bedöma förfruktseffekten, eftersom de har rutor med sockerbetor varje år, vilket inte bördighetsförsöken har, samt en bättre statistisk design. En växtföljd med ettårig vall utan stallgödsel i sex- eller åttaåriga växtföljder och en växtföljd med tvåårig vall med stallgödsel jämfördes med växtföljd utan vall (Kornher & Nyström, 1974). Sockerbetsavkastningen var i genomsnitt 3 % större i ledet med tvåårig vall än i övriga två växtföljder (omräknat efter Kornher & Nyström, 1974). Ettårsvallen hade ingen synlig effekt.

Vall och kolinlagring

En hög mullhalt bidrar till en bättre vattenhållande förmåga, ökad växtnäring-leverans, förbättrad rotutveckling och ett minskat dragkraftsbehov (Cederberg m.fl., 2012). I en undersökning av halten organiskt kol i markprofiler i svenska mineraljordar som genomfördes 2003 uppmättes en medianhalt på 2,4 % kol (C) i markskiktet 0 - 20 cm (Eriksson m.fl., 2010) vilket motsvaras av en mullhalt på 4,1 % (mullhalten utgörs av ungefär 58 % C). Även i intervallet 20-40 cm återfanns en del C (1,4 % C), medan betydligt mindre kol fanns i de lägre skikten.

I intervallet 0-60 cm innebar detta 125 ton C per ha. I senare provtagningar har kolhalten ökat i de flesta län (Poeplau m.fl., 2015). Sett över de två senaste decennierna har mullhalten i svensk åkermark ökat med 7,7 %, vilket hör samman med en ökning av vallarealen, bland annat för odling av hästfoder. Mullhalten är generellt sett 0,5-1 procentenheter högre på gårdar med nötkreatur än gårdar med enbart växtodling och svinproduktion, vilket anses vara en effekt av vallodlingen (Eriksson m.fl., 2010). Flerårig vall lämnar betydligt mer skörderester kvar i marken än andra grödor. Mängden skörderester i marken efter en flerårig vall är närmare 8 ton ts per hektar i genomsnitt, vilket kan jämföras med att en ettårig spannmålsgröda bara lämnar efter sig ca 2 ton ts (Bolinder m.fl., 2012). Kolet som återfinns i rötter och rotexudat är dessutom stabilare än det kol som finns i skörderester ovan mark (Poeplau m.fl., 2015).

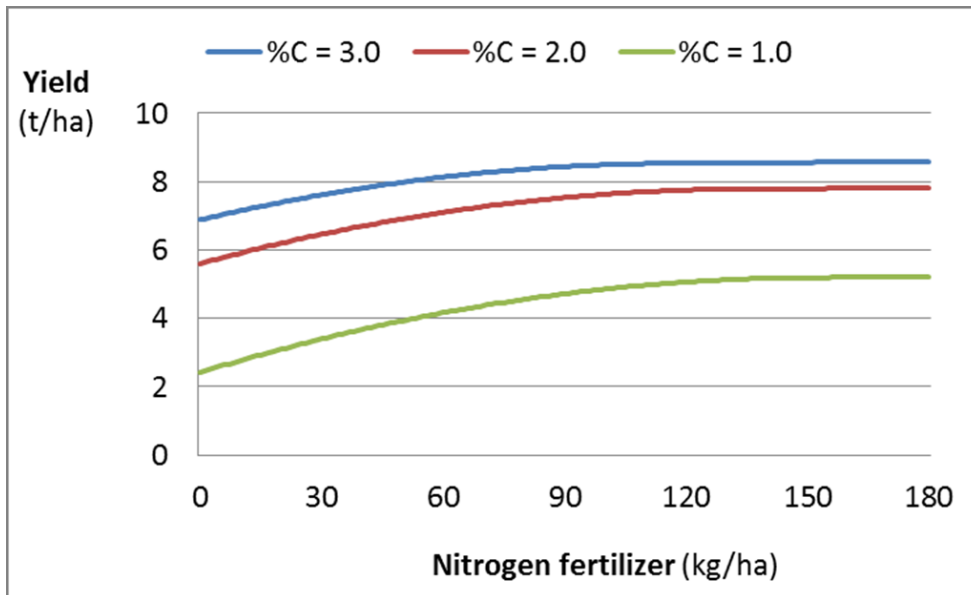
Kätterer m.fl. (2013) jämförde kolinlagringen i växtföljder med endast ettåriga grödor med växtföljder som inkluderade flerårig vall under nordeuropeiska förhållanden baserat på långliggande fältförsök. I genomsnitt lagrades 520 kg mer kol per hektar och år in i växtföljderna där vall ingick. Variationen kan dock vara betydande mellan olika platser trots att de ligger nära varandra geografiskt. I en studie av tre långliggande försök i norra Sverige som jämförde sexåriga växtföljder som inkluderade ettåriga grödor med växtföljder med tvååriga vallar var den årliga inlagringen av kol i mark mellan 59 och 534 kg C per ha och år (Bolinder m.fl., 2010). I dessa försök tillfördes även stallgödsel.

Kolinlagring är dock tidsbegränsad eftersom en jord så småningom uppnår ett jämviktsläge i ett givet odlingsystem. Processen är dessutom reversibel, dvs. kolet som fastläggs kan avgå om driften förändras (Powlson m.fl., 2011).

Samband mellan kolhalt och skördenivå

Det råder ett samband mellan markens kolhalt och avkastning i många olika regioner och på många olika typer av jordar (Lal, 2010). En optimal andel kol i mark anges vara 2-3 % för en rad av världens jordar, och för jordar med låga kolhalter finns ett samband mellan en ökning av mullhalten och högre skördar. Baserat på en sammanställning från långliggande bördighetsförsök i norra Europa som gjordes inom EU-projektet SOILSERVICE (2012) sammanställdes funktioner för höstveteskördars respons på kvävegödsling vid olika kolhalter (Figur 1). Slutsatser från detta projekt var att en högre kolhalt leder till en högre skördenivå och att man får en större effekt på skörden när kolhalten ökar från en låg nivå (1 %) än från en högre något högre nivå (2 %).

En ökning av mullhalten kan både leda till ökad skörd och minskat behov av kvävegödsel (tabell 4). Det ska dock noteras att skördeökningarna som anges i tabell 4 rör jordar med betydligt lägre kolhalter än den typiska åkermarken i Sverige. Medianvärden för matjordens kolhalter i de kommuner som ingår i de skördeområden som ingår i vår studie är 2,3 % i Uppsala län, 1,7 % i Skåne län och 2,2 % i Västra Götalands län enligt åkermarkskarteringen. Vissa kommuner inom dessa skördeområden har dock ännu lägre mullhalter. Exempelvis är kolhalten 1,9 % i Lidköpings kommun och 1,4 % i Landskrona kommun. Odlingsystem med renodlad växtodling utan tillgång till stallgödsel kan lokalt ha ännu lägre kolhalter.



Figur 1. Skörderespons vid olika gödslingsintensiteter för jordar med olika kolhalter (Soilservice, 2012).

Tabell 4. Förändrad skörd samt behov av N-gödsling vid fyra långliggande försök när kolhalten ökar med en procent (SOILSERVICE, 2012).

Plats	Nuvarande C-halt (% C)	Kolförändring (% C)	N-gödslingsbehov (kg/ha,år)	Förändrad skörd (kg/ha,år)
Askov	1,26	0,013	0	15,47
Broadbalk	1,08	0,011	-0,18	7,76
Lauchstaedt	1,87	0,019	0	37,87
Skåne	1,70	0,017	-0,30	38,23

Uppfattningen att en ökning av markens kolhalt leder till ökade skördar har dock ifrågasatts av en dansk forskargrupp (Oelofse m.fl., 2015). De analyserade skördenivåer för höstveten och vårkorn i 869 ettåriga fältförsök utlagda på danska gårdar under 20 år. Ingen signifikant effekt av markens kolhalt kunde påvisas för höstveteskördar oavsett gödslingsnivå. För vårkorn sågs en positiv effekt på skördenivån på sandjordar men inte på lerjordar. Få av fältförsöken låg på jordar med mycket låga C-halter (lägre än 1 % C) och det går därför inte att dra någon slutsats hur den potentiella skörden påverkas på dessa jordar.

Beskrivning av valda odlingsssystem i tre regioner

Exempel på växtföljder i tre regioner

Vi valde ut slättbygder i Skåne, Västra Götaland respektive Uppland för att representera olika klimatmässiga och ekonomiska odlingsförutsättningar. Samtliga områden kännetecknas av specialiserad växtodling och låg djurtäthet. I tabell 5 visas de växtföljder som vi utgått från i de tre regionerna. Växtföljderna är representativa för respektive område och togs fram efter diskussion med projektgrupp, referensgrupp och rådgivare.

Andelen spannmål i växtföljderna utan vall var högst i Uppland (100 %), följt av Västra Götaland (83 %) och Skåne (67 %). I Skåne och i Västra Götaland är växtföljderna lika långa med och utan vall, eftersom vi ville ha samma intervall mellan höstraps för att inte behöva ta hänsyn till skillnader i risk för växtföljdssjukdomar. Kvotssystemet för sockerbetor var ytterligare ett skäl till att ha växtföljderna lika långa i Skåne eftersom sockerkvotens storlek påverkar sockerbetsarealen på de enskilda gårdarna fram till och med minst år 2016.

Tabell 5. Valda växtföljder i de tre regionerna.

Skåne		Västra Götaland		Uppland	
Utan vall	Med vall	Utan vall	Med vall	Utan vall	Med vall
Vårkorn	Vårkorn	Vårkorn	Vårkorn	Vårkorn	Vårkorn
Höstvete	Vall I	Havre	Vall I	Höstvete	Vall I
Höstvete	Vall II	Höstvete	Vall II	Höstvete	Vall II
Höstraps	Höstraps	Höstraps	Höstraps		Höstvete
Höstvete	Höstvete	Höstvete	Höstvete		Höstvete
Sockerbetor	Sockerbetor	Höstvete	Höstvete		

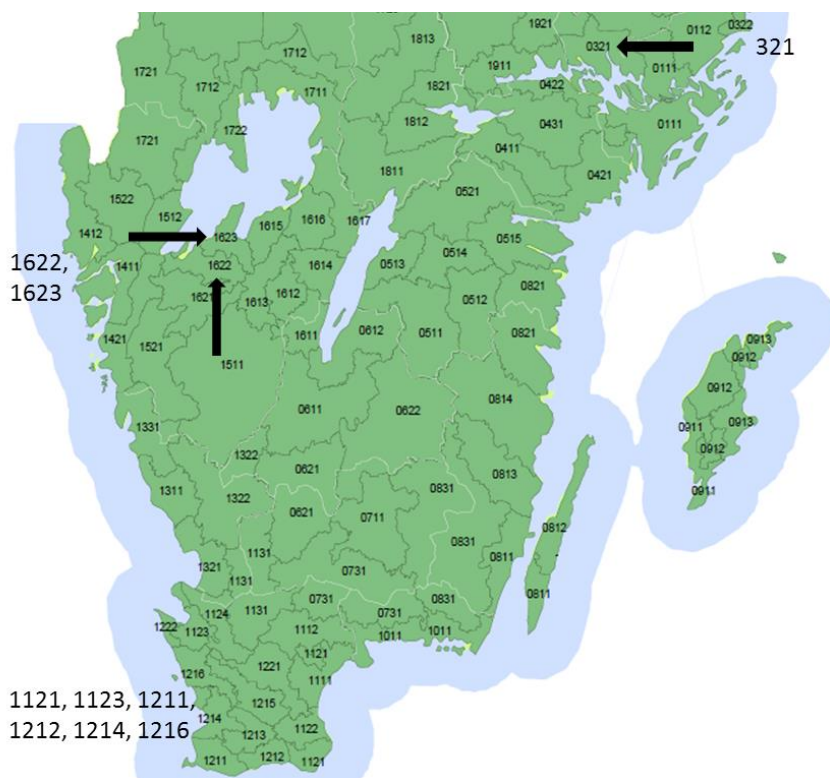
Skördenivåer för ettåriga grödor

Skördenivåerna för alla ettåriga grödor i växtföljder utan vall baserades på SCB:s statistik över normskördar. Normskörd är den skörd man kan förvänta sig under normala väderförhållanden och baseras på de senaste 15 årens skördeutveckling. Vår utgångspunkt var att belysa förhållandena i områden med stor andel ettåriga grödor och låg andel vall. Vi utgick från normskördarna i de skördeområden där spannmålsarealen var minst tre gånger större än vallarealen. Dessa skördeområden (sex i Skåne, två i Västra Götaland och ett i Uppsala län) visas i figur 2. Skördenivåerna som redovisas i tabell 6 utgör ett medeltal av normskördarna i de olika skördeområdena i respektive län.

Tabell 6. Normskördar (ton/ha) enligt SCB för olika grödor i de valda skördeområdena där arealen spannmål är minst tre gånger högre än arealen vall*.

Skåne		Västra Götaland		Uppland	
Gröda	Skörd	Gröda	Skörd	Gröda	Skörd
Vårkorn	5,8	Vårkorn	5,0	Vårkorn	4,8
Höstvete	7,6	Höstvete	6,1	Höstvete	5,9
Höstraps	4,0	Höstraps	3,2		
Sockerbetor	60	Havre	5,0		

*Baseras på ett medeltal av normskördarna utan hänsyn tagen till att den totala produktionen skiljer sig mellan skördeområdena.



Figur 2. Skördeområdena som utgjorde utgångspunkten för de antagna skördenivåerna i de tre områden Skåne, Västra Götaland och Uppsala län.

Förfrukten påverkar den förväntade skörden. Jordbruksverket (2014b) har i sina riktlinjer för gödsling uppskattat vilken meravkastning man kan förvänta sig i vårsäd och höstvete beroende på förfrukten (tabell 7).

Tabell 7. Förväntad meravkastning och kväveefferverkan för vårsäd och höstvetete beroende på förfrukt enligt Jordbruksverkets riktlinjer.

Förfrukt	Meravkastning i efterföljande gröda, kg/ha		N-efferverkan till efterföljande gröda, kg N/ha	
	Höstvete	Vårsäd	Höstvete	Vårsäd
Höstvete, korn	0	0	0	0
Havre	700	0	0	0
Höstraps	1200		40	
Sockerbetor	500	800	25	20
Blandvall	800	500	40	40
Gräsvall	400	200	15	15

I våra exempelväxtföljder är det rimligt att anta att samma gröda i en region har olika förväntad avkastning beroende på förfrukt, dvs. var i växtföljden grödan befinner sig. För höstveteskördarna i våra exempel antar vi att den genomsnittliga skörden är lika stor som normskörden genom hela växtföljden, och vi räknar med förfruktseffekter efter höstraps, havre och sockerbetor i enlighet med Jordbruksverkets riktlinjer.

I Västra Götaland antar vi att normskörden för vårsäd generats efter korn eller vete som förfrukter. I Skåne antar vi att vårkorn haft sockerbetor som förfrukt även när normskörden beräknats, dvs. förfruktseffekten är redan inkluderad (tabell 8).

Tabell 8. Antagna skördenivåer (ton/ha) för växtföljderna utan vall i våra tre exempel efter att normskördar i Skåne, Västra Götaland och Uppsala län korrigerats utifrån förväntade förfruktseffekter baserat på Jordbruksverkets riktlinjer.

Skåne		Västra Götaland		Uppland	
Gröda	Skörd	Gröda	Skörd	Gröda	Skörd
Malkorn	5,8	Malkorn	5,0	Malkorn	4,8
Höstvete	7,2	Havre	5,0	Höstvete	5,9
Höstvete	7,2	Höstvete	6,2	Höstvete	5,9
Höstraps	4,0	Höstraps	3,2		
Höstvete	8,4	Höstvete	6,7		
Sockerbetor	60	Höstvete	5,5		

Vi utgår från att det är malkorn och brödvete som odlas i skördeområdena i Skåne och Västra Götaland baserat på uppgifter från Vallåkra lantmannaaffär och Varaslätts lagerhus. Vi använder därför normskördarna för korn och höstvete i dessa områden utan ytterligare anpassning. Höstvetet som odlas i Uppland antas vara brödvete.

Skördenivåer för vall

För vallodlingen finns två viktiga antaganden att göra, dels avkastningen, dels antal skördar. Fler skördar tenderar att minska den totala avkastningen per år

samtidigt som kvaliteten ökar men sambandet är inte entydigt (Gunnarsson m.fl., 2014).

Såväl sortförsöken som skördeuppgifter från SCB indikerar att det finns regionala skillnader i vallens avkastning. För våra tre fallstudieområden antar vi med stöd av statistiken att avkastningen är 10 % lägre i Västra Götaland och 15 % lägre i Uppland än i Skåne. Därtill reduceras avkastningen från fältförsöken med ca 20 % för att efterlikna praktisk odling, vilket bland annat inkluderar fältförluster. Antagna skördenivåer för fortsatta beräkningar framgår av tabell 9.

Tabell 9. Antagna skördenivåer för vall vid tre skördar per år i våra tre exempel i Skåne, Västra Götaland och Uppland efter att fältförluster räknats bort.

Antal skördar	Första skörd ton ts/ha	Andra skörd ton ts/ha	Tredje skörd ton ts/ha	Totalt ton ts/ha
Skåne	4,0	3,5	2,5	10,0
Västra Götaland	3,6	3,1	2,3	9,0
Uppland	3,4	3,0	2,1	8,5

Vi uppskattar för våra beräkningar att den genomsnittliga klöverandelen är 30 %, och att skötseln av skyddsgröda och vall anpassas för att uppnå denna relativ höga klöverandel. Vi väljer till exempel att anpassa kvävegivorna i enlighet med Jordbruksverkets riktlinjer. Vi utgår från att vall I skördas tre gånger och vall II skördas två gånger för att sedan brytas tidigt för sådd av höstvetete eller höstraps.

Antagna skördenivåer i vallväxtföljderna

Utifrån försöksresultaten som vi redovisar i kunskapsöversikten antar vi att vallen har en potential att höja skördarna för samtliga grödor i växtföljden (tabell 10). Vi räknar med att höstvetets meravkastning i växtföljderna med vall är mellan 300 och 800 kg per hektar beroende på var i växtföljden höstvetete odlas. För höstvetete som följer direkt efter vallbrott, som i den uppländska växtföljden, antar vi en meravkastning på 800 kg/ha, omräknat från data hämtade ur Andersson och Wivstad (1992), vilket överensstämmer med Jordbruksverkets riktlinjer. Vi baserar detta antagande på att blandvallen till stor del innehåller gräs och utgår bara från de två högsta N-givorna i dessa försök vilket bäst speglar praxis i konventionellt lantbruk. Omräkningarna innebär bland annat ett antagande om att förfruktseffekten av vårraps till höstvetete är 800 kg/ha, i enlighet med Jordbruksverkets riktlinjer. Vi väljer att utgå från Andersson och Wivstad (1992), eftersom vi tydligare kan följa försöksbakgrunden till beräkningarna. Vi antar vidare att andra året med höstvetete efter vallbrott ger en meravkastning på 500 kg/ha baserat på ett genomsnitt av effekten av baljväxtvallar och rena gräsvallar enligt samma källa. Eftersom vi utgår från en blandvall med stor andel gräs är det möjligt att vi underskattar andraårseffekten något.

I Skåne och Västra Götaland följs vall av höstraps. För höstrapsen antar vi att vallens förfruktseffekt framförallt består av att den möjliggör tidigare sådd än då den sås efter höstvetete som i ursprungsväxtföljden, och att den lämnar efter sig mer kväve. Svensk raps genomförde 2008-2010 en försöksserie med nio försök där de fann att varje dags fördröjning av sådden mellan mitten och slutet av augusti minskar avkastningen med 45 kg/ha (Gunnarsson, 2010). Vi antar att höstrapsen i

genomsnitt kommer upp fyra-fem dagar tidigare efter vall än efter höstvetete, vilket medför 200 kg/ha högre avkastning. Vi har inte funnit tillräckligt starka belägg för att vallens kortsiktiga positiva struktureffekter i sig syns i höstrapsens avkastning för att räkna med det. I enlighet med Jordbruksverkets riktlinjer räknar vi med att höstvetete avkastar 1200 kg/ha mer efter tvåhjärtbladiga förfrukter som raps.

Höstvetete som följer direkt efter höstraps har redan en fördelaktig plats i växtföljden men tack vare vallens positiva effekt på samtliga spannmålsgrödor i växtföljden räknar vi med en ytterligare skördeökning motsvarande 300 kg/ha, dvs. en total meravkastning på 1500 kg/ha om man inkluderar förfruktseffekten från både vall och höstraps. Vi räknar alltså med vallens långsiktiga positiva effekt enligt Bergkvist och Båth (2015) och inte andraårseffekten enligt Andersson och Wivstad (1992). Vi antar att det inte går att addera förfrukts-effekter fullt ut, eftersom en del av vallens och rapsens positiva effekter förmodligen har samma ursprung. För andra året med höstvetete i Västra Götaland antar vi en meravkastning som motsvarar 300 kg/ha jämfört med en växtföljd utan vall, vilket är lika med den långsiktiga positiva effekten av att ha vall i växtföljden.

Enligt Bergkvist och Båth (2015) är det rimligt att anta att skördenivån ökar med 300 kg/ha för vårsäd tre år efter vallens nedplöjning. Det skulle alltså innebära att vårkornets avkastning ökar med 300 kg/ha jämfört med växtföljden utan vall. För att inte äventyra insådden tror vi dock att det är en rimlig strategi att hålla nere gödslingen och inte utnyttja potentialen till högre skörd. Vi har därför inte inkluderat någon skördeökning för vårkornet med vallinsådd.

Det finns få belägg för att sockerbets-skördarna påverkas väsentligt av vall i växtföljden, vilket har beskrivits tidigare i avsnittet. Vi antar dock att sockerbetorna avkastar 1200 kg/ha mer i växtföljden med vall baserat på i denna rapport tidigare redovisad litteratur, samt opublicerade data från ett långliggande försök med 55 försöksår (R4-0002). I försöket R4-0002 har skördeökningen varit något större, men kan där bero på fler faktorer än vallen och vi har därför valt att vara konservativa i brist på bra data.

Tabell 10. Antagna skördenivåer (ton/ha) för de olika grödorna i våra tre exempel i Skåne, Västra Götaland och Uppland när vall införs i växtföljden. I parentes anges den uppskattade merskörden som beror av vall.

Skåne		Västra Götaland		Uppland	
Gröda	Skörd	Gröda	Skörd	Gröda	Skörd
Malkorn ¹	5,8	Malkorn ¹	5,0	Malkorn ¹	4,8
Vall I	10	Vall I	9	Vall I	8,5
Vall II ²	7,5	Vall II	6,7	Vall II	6,4
Höstraps	4,2 (+0,2)	Höstraps	3,4 (+0,2)	Höstvetete	6,7 (+0,8)
Höstvetete	8,7 (+0,3)	Höstvetete ³	7,0 (+0,3)	Höstvetete	6,4 (+0,5)
Sockerbetor	61,2 (+1,2)	Höstvetete	5,8 (+0,3)		

¹ Utan insådd kan man förvänta sig 300 kg meravkastning, men vi antar att man håller igen gödslingen och därmed skörden för att inte äventyra insådden.

² Endast två skördar av vall II p.g.a. tidigt vallbrott innebär att vi antar att avkastningen är 75 % av vall I.

³ Förfruktseffekten inkluderar effekten från vall samt höstraps och antas uppgå till 1500 kg sammantaget.

Ekonomi

I de ekonomiska analyserna beräknades produktionskostnader och lönsamhet med och utan vall i växtföljden.

Produktionskostnaden per ton beräknades genom att dividera alla kostnader med kvantiteten som produceras. Hur mycket det kostar att producera en vara i förhållande till det förväntade priset på varan är intressant både för producenten och användaren.

Hektarkostnaden kan bland annat vara relevant att studera när det finns nyttor av vall som inte är relaterade till skördens storlek. Exempel på nyttor som framför allt är arealrelaterade är åtgärder för minskat växtnäringsläckage och minskad påverkan från bekämpningsmedel.

Lönsamheten per hektar för odlaren av de olika grödorna är det resultat som är av störst intresse för växtodlingsföretagaren. I lönsamhetsanalysen är det framförallt val av grödor, skördenivåer och ändrad gödsling som har betydelse för hur lönsamheten skiljer sig åt i växtföljderna med resp. utan vall.

Känslighetsanalyser gjordes av de antaganden som har stor påverkan på resultatet, dvs om det är ekonomiskt intressant att inkludera vall i en spannmålsväxtföljd.

Dessutom beräknades mängden energi och protein per hektar av de olika grödorna och hela växtföljderna, vilket är en indikation på hur väl marken utnyttjas. Det kan även vara intressant för användaren av råvaran att se vilka arealer som behövs för att uppnå en given produktion.

Metod

Kalkyler utgivna av Jordbruksverket (2015) och upprättade av Håkan Rosenqvist har utgjort underlag för beräkningarna. Kalkylerna är totalstegskalkyler där alla kostnader beaktas i steg. Genom att bygga upp kalkyler i steg kan man använda kalkylerna både för kortsiktiga och långsiktiga analyser (Rosenqvist, 1997; Rosenqvist, 2010; Jordbruksverket, 2015).

I kalkylerna ingick alla kostnader och intäkter utom markkostnad, gårdsstöd, förgröningsstöd eller andra miljöstödd. Att markkostnad eller gårdsstöd inte ingick påverkade inte förhållandet mellan de olika grödorna när lönsamheten räknades per hektar. Däremot skulle markkostnaden ha påverkat produktionskostnaden per ton på olika sätt för olika grödor på grund av olika höga skördenivåer.

I kalkylerna ingick gemensamma företagsomkostnader (OH-kostnader) som inte gick att hänföra till specifik produktionsgren som t.ex. bilkörning, telefon, bokföring, vägunderhåll osv. Ränta på rörelsekapital beaktades i kalkylerna.

Kalkylerna upprättades för 2014 års prisnivå. Priserna har varierat kraftigt sedan år 2006 och framåt och lönsamheten påverkas av vilket års priser som används i analysen. Jämfört med spannmål varierar både priser och efterfrågan för vall betydligt mer mellan olika lantbrukare och regioner.

De priser som användes i beräkningarna var en sammanvägning från olika källor. Några av de viktigaste källorna var Agriwise, Vallåkra lantmannaffär (utsädes-, bekämpningsmedels- och gödselpriser), Svenska foder (torknings- och analys-

kostnader och spannmålspriser), Maskinkalkylgruppen och HIR Efterkalkyler (maskinkostnader). Priserna var desamma för alla tre geografiska områdena.

Intäkter

De spannmålspriser som användes i kalkylerna var slutpriser vid leverans vid skörd till Svenska Foder och var en sammanvägning av priser från olika geografiska områden (tabell 11). 90% av det skördade höstvetet antogs bli brödvete och 10% fodervete. Av kornet blev 80% malkorn och resterande mängd foderkorn. För sockerbetor avsågs pris efter justeringar utifrån Nordic Sugars priser. Vallpriset i kalkylen grundade sig på SBI:s (Swedish Biogas International) pris för vall för användning till produktion av biogas. Priset gällde för gröda fritt levererat till anläggningen (7 km transport).

Tabell 11. Priser på grödor som användes i beräkningarna.

Gröda	Pris (kr/kg)
Havre	1,28
Höstraps	2,84
Höstvetet bröd	1,44
Höstvetet foder	1,29
Malkorn	1,46
Foderkorn	1,12
Sockerbetor	0,31
Vall	1,25*

*avser kr/kg ts fritt grind (transporterat 7 km från gården).

Insatsmedel och gödsling

Samma kostnad för utsäde användes för de olika områdena och utsädesmängden för spannmål reducerades med 20 kg/ha vid vallinsådd. Höstrapsutsädet räknade på ett vägt pris mellan olika linjesorter. Bekämpningsåtgärderna varierade där-
emot och därmed kostnaderna för användningen av bekämpningsmedel mellan regioner och för vissa grödor beroende på om vall ingick i växtföjden eller inte (bilaga 2).

Fosfor- och kaliumgödslingen var proportionell mot skördens storlek medan kvävegödslingen till största delen var kopplad till skördens storlek men även hade en hektarrelaterad gödsling. Gödselgivorna beräknades med hänsyn till skördad mängd gröda enligt Bertilsson m.fl. (2005) och Jordbruksverket (2014a), se tabell 12. Gödsling av fosfor och kalium motsvarade ungefärlig bortförelsen med skördad vara.

Tabell 12. Beräknade gödselgivor i kg/ha och kg/ ton skördad vara (för vall ton ts) utan hänsyn till förfruktseffekter baserat på Bertilsson m.fl. (2005), Jordbruksverket (2014a) och Rosenqvist (2010).

	Kväve	Fosfor	Kalium
Havre	17,5 kg/ton	3 kg/ton	5 kg/ton
Höstvete	25 kg/ha + 20 kg/ton	3 kg/ton	5 kg/ton
Malkorn	17,5 kg/ton – 20 kg/ha	3 kg/ton	5 kg/ton
Socketbetor	120 kg/ha	0,4 kg/ton	2 kg/ton
Höstraps	40 kg/ha höst + 70 kg/ha vår + 20 kg/ton	5 kg/ton	10 kg/ton
Vall	20 kg/ha +15 kg/ton ts	3 kg/ton ts	20 kg/ton ts

Beräknade gödselgivor i tabell 12 justerades för förfruktseffekter enligt följande. För höstvete minskades den beräknade gödselgivan med 40 kg/ha när vall var förfrukt. När sockerbetor var förfrukt till malkorn minskades givan med 20 kg/ha. När vall var förfrukt till höstraps slopades kvävegivan (40 kg/ha) på hösten och givan på våren reducerades med 25 kg/ha.

De gödselpriser som användes för N, P och K i kalkylerna var: N27; 2,72 kr/kg, Superfosfat P20; 3,93 kr/kg och Kalisalt K50; 3,36 kr/kg. Sockerbetor gödslades även med Mangannitrat (2 kg/ha à 22 kr/kg) samt Besal (160 kg/ha à 1,40 kr/kg).

Maskiner och arbete

Maskinkostnaderna var huvudsakligen beräknade utifrån timtaxor från Maskinkalkylgruppen (2014) och avsåg väl utnyttjade maskiner på gårdar eller samverkan som omfattar ett arealunderlag i storleksklass 400 hektar. Antalet maskinoperationer för respektive gröda var samma för de olika områdena.

Skörde- och hanteringssystemet för vall bestod av en självgående exakthack och transport med traktor och vagn (3 ekipage, 30 m³ vagnar). Vid ensilering tillsattes ensileringsmedel (Promyr 9 liter/ton ts). Transportkostnaderna för vall beräknades till 181 kr/ton ts vid 7 km transportavstånd.

Spannmål och raps såldes vid skörd på hösten. Kostnaderna för transport av spannmål beräknades till 50 kr/ton vid 30 km transportavstånd enligt taxa från Lantmännen. Kostnader för torkning, analys och transport var proportionella mot skördens storlek. Torkningskostnader beräknades för torkning från 18 % vattenhalt för spannmål och 14 % för höstraps.

För sockerbetor bestod skörde- och hanteringssystemet av en självgående betupptagare, lastning och rensning (8,25 kr/ton), 30 km vägtransport à 42 kr/ton samt en odlaravgift. Lagring skedde i stuka för det som behövde lagras.

Förutom arbete i samband med maskinkörningar inkluderade kalkylerna även 2 tim/ha övrigt arbete, för sockerbetor antogs ytterligare 2 h/ha för handrensning och fröstockdragning.

Innehåll av energi och protein

Innehållet av energi och smältbart (smb) råprotein för de olika grödorna beräknades med data från fodermedelstabeller för idisslare (Spörndly, 1989). Innehållet av foderenergi för idisslare valdes som mått på energiinnehållet. En anledning att vi valde att presentera resultaten som foderenergi och inte till exempel som bioenergi för el, värme eller drivmedel, är svårigheter att jämföra producerad mängd energi i grödor som används för olika ändamål, det vill säga förbränning till värme och el respektive biogas.

Resultat och diskussion

Skåne

I tabell 13 framgår resultatet för Skåne för växtföljderna med och utan vall.

Tabell 13. Kostnader, resultat och producerad mängd smältbart råprotein och foderenergi för växtföljderna med och utan vall i Skåne.

	Kostnad (kr/ha)	Kostnad (kr/ton)	Resultat (kr/ha)	Smb råprotein (kg/ha)	Foder- energi (GJ/ha)
<i>Skåne utan vall</i>					
Malkorn	8244	1421	-171	458	66
Höstvete	10613	1474	-353	648	87
Höstvete	10613	1474	-353	648	87
Höstraps*	10064	2516	1296	624	81
Höstvete*	10012	1192	1958	756	102
Sockerbetor	16309	272	2328	360	180
Genomsnitt	10976		784	582	101
<i>Skåne med vall</i>					
Malkorn	8159	1407	-85	458	66
Vall I	10284	1028	2216	1280	109
Vall II	8036	1071	1339	960	82
Höstraps	9829	2340	2099	655	85
Höstvete*	9939	1142	2458	783	105
Sockerbetor	16373	268	2637	367	184
Genomsnitt	10437		1778	751	105

*Reducerad jordbearbetning

Produktionskostnad och lönsamhet

I vallväxtföljden var produktionskostnaden lägre för samtliga grödor jämfört med växtföljden utan vall. Mest (332 kr/ton) sjönk produktionskostnaden för höstvetete med spannmål som förfrukt och minst (4 kr/ton) sjönk den för sockerbetor.

Produktionskostnaden för vall var 1047 kr/ton ts. Vallen hade även positiv påverkan på lönsamheten för de andra grödorna i växtföljden genom t.ex. minskad gödsling per ton skördad vara och ökad skörd. Om vi tar hänsyn till förändringen i lönsamhet hos övriga grödorna krävdes ett vallpris på 909 kr/ton ts för att hela växtföljden med vall skulle uppvisa samma lönsamhet som växtföljden utan vall. Detta var en minskning med 13 % jämfört med om man bara såg på vallens kostnader utan hänsyn till övriga grödors lönsamhetsförändringar i växtföljden.

Lönsamheten sett som ett genomsnitt för växtföljden förbättrades med 993 kr/ha när vall infördes i växtföljden (tabell 13). Detta berodde bland annat på att vallen ersatte de grödor som hade svagast lönsamhet i växtföljden utan vall, i detta fall höstvetete med spannmål som förfrukt. I växtföljden med vall var malkorn den enda ekonomiskt svaga grödan. Om vi bara jämför lönsamheten för de ettåriga grödorna i de två växtföljderna var även denna skillnad 993 kr per hektar till fördel för växtföljden med vall.

När vall inkluderas i växtföljden finns faktorer som påverkar lönsamheten både positivt och negativt, sammantaget förbättrades dock lönsamheten. När vall var förfrukt till höstraps minskades kvävegivan med 65 kg/ha vilket med ett kvävepris på 10 kr/kg innebar en resultatförbättring i höstraps på 650 kr/ha. Högre skörd (200 kg/ha) och lägre bekämpning (222 kr/ha) inverkade också positivt på lönsamheten för höstraps i vallväxtföljden. Reducerad jordbearbetning för höstraps efter spannmål i växtföljden utan vall, jämfört med en plöjning för höstraps efter vall, gjorde att maskinkostnaderna blev 1191 kr/ha högre för höstraps i vallväxtföljden. Med full jordbearbetning dvs. med plöjning var utsädesgivan 2 kg/ha lägre än vid reducerad jordbearbetning, vilket förbättrade resultatet för höstraps i vallväxtföljden med 146 kr/ha.

Energi- och proteinproduktion

I växtföljden där vallen ersatte två år med höstvetete producerades 29 % mer smältbart protein och 5 % mer foderenergi, jämfört med växtföljden utan vall. Orsakerna till att proteinproduktionen per hektar ökade var att vall var den gröda i vallväxtföljden som har högst proteinproduktion per hektar samt att vallen hade en skördehöjande effekt på andra grödor.

Om vi endast tittar på arealen med ettåriga grödorna var produktionen av protein 3 % lägre och energiproduktionen 9 % högre i vallväxtföljden. Höstvetets relativt höga proteinskördar var en förklaring till att proteinproduktionen för de ettåriga grödorna var lägre i vallväxtföljden, jämfört med växtföljden utan vall.

Västra Götaland

I tabellen nedan framgår resultatet av beräkningarna för Västra Götaland för växtföljderna med och utan vall.

Tabell 14. Kostnader, resultat och producerad mängd smältbart råprotein och foderenergi för växtföljderna med och utan vall i Västra Götaland.

	Kostnad (kr/ha)	Kostnad (kr/ton)	Resultat (kr/ha)	Smb protein (kg/ha)	Foder- energi (GJ/ha)
<i>V Götaland utan vall</i>					
Malkorn	7935	1587	-975	395	57
Havre	7950	1590	-1550	430	53
Höstvete	10076	1625	-1241	558	75
Höstraps*	9496	2967	-408	499	65
Höstvete*	9137	1364	410	603	81
Höstvete	9738	1771	-1901	495	67
Genomsnitt	9055		-944	497	66
<i>V Götaland med vall</i>					
Malkorn	7850	1570	-890	395	57
Vall I	9701	1078	1549	1152	98
Vall II	7570	1130	805	858	73
Höstraps	9358	2752	298	530	69
Höstvete*	9005	1286	970	630	85
Höstvete	9606	1656	-1341	522	70
Genomsnitt	8848		232	681	75

*Reducerad jordbearbetning

Produktionskostnad och lönsamhet

Produktionskostnaden var lägre för samtliga grödor i vallväxtföljden jämfört med växtföljden utan vall. Mest sjönk produktionskostnaden per ton för höstraps (215 kr/ton) och näst mest för höstvete med spannmål som förfrukt (114 kr/ton).

Produktionskostnaden för vall var 1100 kr/ton ts. Om vi tar hänsyn till att vallen hade positiv påverkan på lönsamheten för de andra grödorna i växtföljden krävdes ett pris på 801 kr/ton ts för vallen för att bibehålla samma lönsamhet genom växtföljden. Detta var en minskning med knappt 300 kr/ton ts jämfört med om man endast såg på produktionskostnaden för vallen.

Genom att införa vall i växtföljden i Västra Götaland förbättrades den genomsnittliga lönsamheten i hela växtföljden med 1176 kr/ha. En förklaring till detta var att vallen med ett pris på 1,25 kr/kg ts uppvisade högre lönsamhet än de grödor den ersatte i växtföljden utan vall, nämligen havre efter malkorn och höstvete efter havre. Dessa två grödor hade lägre lönsamhet än genomsnittsgrödan i växtföljden utan vall (tabell 14).

Om vi bara jämför lönsamheten för de ettåriga grödorna i växtföljderna var den 703 kr/ha högre i växtföljden med vall än utan. För de ettåriga grödorna var kostnaderna i genomsnitt 101 kr/ha lägre i vallväxtföljden jämfört med växtföljden utan vall. Havre med relativt låga hektarkostnader odlas inte i vallväxtföljden, vilket drog ned kostnaderna för växtföljden utan vall.

Den enda gröda som uppvisade ett positivt resultat i växtföljden utan vall var höstvetete med raps som förfrukt. Den huvudsakliga förklaringen till detta var den högre skörden med raps som förfrukt (+1200 kg) samt att reducerad jordbearbetning tillämpades till höstvetete efter höstraps som förfrukt.

I båda växtföljderna uppvisade höstvetete med spannmål som förfrukt ett negativt resultat, resultatet var dock bättre i vallväxtföljden. Detta kan bl.a förklaras av att höstveteskorörden var 1500 kg/ha högre efter raps i vallväxtföljden än efter höstvetete som förfrukt i växtföljden utan vall. Dessutom var ogräsbekämpningen i höstvetete 128 kr lägre per hektar i växtföljden med vall jämfört med växtföljden utan vall och kväveleverans från vallen till efterföljande höstraps minskade kostnaderna för kvävegödsling.

Liksom för växtföljderna i Skåne minskades kvävegödslingen med 65 kg/ha till höstraps med vall som förfrukt istället för spannmål, vilket förbättrade lönsamheten i raps med 650 kr/ha. Lönsamheten förbättrades även av högre avkastning (200 kg/ha), lägre bekämpningsmedelsanvändning (222 kr/ha) och lägre utsädesgiva (146 kr/ha). Att marken plöjdes innan etablering av höstraps efter vall påverkade dock lönsamheten för höstraps i vallväxtföljden negativt.

Energi- och proteinproduktion

Vallen hade både högre energiskörd och proteinskörd än någon av de andra grödorna vilket gjorde att vallväxtföljden producerade 37 % mer smältbart protein och 14 % mer foderenergi än växtföljden utan vall. Vallen ersatte havre och höstvetete som i genomsnitt hade något lägre proteinskörd och energiskörd än genomsnittet i växtföljden utan vall. Dessutom var skörden för höstraps och höstvetete högre i vallväxtföljden. I genomsnitt producerade de ettåriga grödorna 4 % mer protein och 6 % mer energi per hektar i vallväxtföljden jämfört med växtföljden utan vall.

Uppland

Resultaten för beräkningarna av de två växtföljderna med och utan vall i Uppland visas i tabell 15.

Tabell 15. Kostnader, resultat, och producerad mängd smältbart råprotein och foderenergi för växtföljderna med och utan vall i Uppland.

	Kostnad (kr/ha)	Kostnad (kr/ton)	Resultat (kr/ha)	Smb protein (kg/ha)	Foder- energi (GJ/ha)
<i>Uppland utan vall</i>					
Malkorn	7664	1597	-983	379	55
Höstvete	9876	1674	-1469	531	71
Höstvete	9876	1674	-1469	531	71
Genomsnitt	9139		-1307	480	66
<i>Uppland med vall</i>					
Malkorn	7543	1571	-861	379	55
Vall I	9409	1107	1216	1088	93
Vall II	7395	1155	605	819	70
Höstvete	9543	1424	4	603	81
Höstvete	9808	1533	-688	576	77
Genomsnitt	8740		55	693	75

Produktionskostnad och lönsamhet

Produktionskostnaden för vall var 1128 kr/ton ts. Om vi tar hänsyn till att vallen hade positiv påverkan på lönsamheten för de andra grödorna i växtföljden så blev lönsamheten för de båda växtföljderna lika när priset på vallen sattes till 702 kr/ton ts (en minskning med 426 kr/ton ts).

Samtliga grödor i vallväxtföljden hade lägre produktionskostnad jämfört med grödorna i växtföljden utan vall. För de ettåriga grödorna var kostnaden 174 kr lägre per hektar i vallväxtföljden. Mest sjönk produktionskostnaden för höstvete när vall var förfrukt i stället för malkorn.

När vall infördes i växtföljden ökade lönsamheten sett som ett genomsnitt för hela växtföljden med 1362 kr/ha. Den gröda med sämst lönsamhet i vallväxtföljden hade högre lönsamhet än bästa grödan i växtföljden utan vall. Lönsammaste spannmålsgrödan i vallväxtföljden var höstvete efter vall, det var också den enda grödan tillsammans med vall som hade lägre produktionskostnad än satt pris på grödan. Höstvetet var också den gröda där lönsamheten ökade mest när vall infördes i växtföljden. Detta berodde framförallt på högre skördar i höstvete i vallväxtföljden, men även på att kvävegivan kunde minskas med vall som förfrukt samt viss minskning av preparatkostnaden för ogräsbekämpning i höstvete med vall i växtföljden.

Om vi bara jämför lönsamheten för de ettåriga grödorna var denna 792 kr/ha högre i växtföljden med vall. Det var stor skillnad mellan lönsamheten i höstvete med spannmål som förfrukt eller om förfrukten var vall. Kväveleverans från vallen på 40 kg/ha till efterföljande höstvete minskade kostnaderna för kväve-

gödsling med 400 kr/ha. Ogräsbekämpningen i höstvetete var 159 kr/ha lägre med vall i växtföljden jämfört med växtföljden utan vall. I båda växtföljderna uppvisade höstvetete med spannmål som förfrukt ett negativt ekonomiskt resultat.

Energi- och proteinproduktion

I vallväxtföljden producerades per år i genomsnitt 44 % mer smältbart protein och 14 % mer foderenergi, jämfört med i växtföljden utan vall. De ettåriga grödorna hade i genomsnitt 8 % högre produktion av både protein och energi per hektar i vallväxtföljden jämfört med växtföljden utan vall.

När växtföljden utökades med två år vall ökade produktion av energi och protein per hektar, jämfört med växtföljden utan vall. Detta förklaras av att vallen hade högre proteinskörd än någon av de andra grödorna, endast höstvetete efter vall hade ungefär samma energiskörd som vall. Dessutom var skördarna i höstvetete i vallväxtföljden högre än i växtföljden utan vall, vilket ökar protein- och energiproduktionen ytterligare.

Jämförelse mellan de olika områdena

I tabell 16 sammanställs och jämförs resultatet av beräkningarna för de tre studerade områdena för växtföljderna med och utan vall.

Tabell 16. Sammanställning av genomsnittliga kostnader, lönsamhet samt produktion av smältbart råprotein och foderenergi för Skåne, Västra Götaland och Uppland.

	Skåne	Västra Götaland	Uppland
<i>Kostnader</i>			
Produktionskostnad för vall (kr/ton ts)	1047	1100	1128
Vallpris som krävs för att lönsamheten ska vara samma i växtföljderna (kr/ton ts)	909	801	702
Skillnad hela växtföljden med och utan vall (kr/ha)	-540	-207	-399
Skillnad andra grödor med och utan vall (kr/ha)	99	-101	-174
<i>Lönsamhet</i>			
Vall (kr/ha)	1778	1177	911
Andra grödor i vallväxtföljden (kr/ha)	1777	-241	-515
Skillnad hela växtföljden med och utan vall (kr/ha)	993	1176	1362
Skillnad andra grödor med och utan vall (kr/ha)	993	703	792
<i>Produktion av smb råprotein & foderenergi</i>			
Protein i vall (kg/ha)	1120	1005	954
Foderenergi i vall (GJ/ha)	95	86	81
Protein, skillnad hela växtföljden med och utan vall (kg/ha)	168	184	213
Energi, skillnad hela växtföljden med och utan vall (GJ/ha)	5	9	9
Protein, skillnad andra grödor med och utan vall (kg/ha)	-16	23	39
Energi, skillnad andra grödor med och utan vall (GJ/ha)	10	4	5

På samtliga platser ökade lönsamheten och minskade produktionskostnaderna för övriga grödor när vall infördes i växtföljden. Förbättringen i lönsamhet som genomsnitt för hela växtföljden var störst i Uppland (1362 kr/ha) och minst i Skåne (993 kr/ha). I Västra Götaland var motsvarande lönsamhetsökning för vallväxtföljden 1176 kr/ha. För de ettåriga grödorna ökade lönsamheten mest i Skåne och minst i Västra Götaland när vall infördes i växtföljden. För Skåne ökade lönsamheten för ettåriga grödor med 993 kr/ha, för Västra Götaland med 703 kr/ha och 792 kr/ha för Uppland.

Kostnadsfördelning

Som ett exempel på hur kostnaderna fördelar sig på de olika posterna visas i tabell 17 kostnadsfördelningen i kr/ha för Västra Götaland.

Tabell 17. Kostnaden (kr/ha) fördelad på olika poster för vallväxtföljden i Västra Götaland.

	Gödsel och utsäde	OH	Bekämpningsmedel	Maskiner, arbete och ränta	Transport	Torkning och analys	Totalt
Malkorn	1822	800	288	4001	265	674	7850
Vall I	3810	700	27	3535	1629	0	9701
Vall II	3005	700	27	2625	1213	0	7570
Höstraps	2073	800	1276	4512	180	517	9358
Höstvete	3035	800	701	3229	371	869	9005
Höstvete	2681	800	701	4397	307	720	9606
Träda	101	300	94	621	0	0	1116

För samtliga grödor utgjorde maskiner, arbete och ränta ca halva kostnaden, med undantag för höstvete med reducerad jordbearbetning där de endast utgjorde 40 % av kostnaderna. Maskinkostnader och arbetskostnader skiftar mellan gårdar och är möjligt att minska med olika åtgärder som t.ex. maskinsamverkan, större arealunderlag osv.

Om spannmålgården äger maskinerna som används i odlingen kan införandet av vall i växtföljden innebära kortare användningstid för maskiner och utrustning för t.ex. jordbearbetning, spannmålsskörd och torkning av spannmål. Det lägre maskinutnyttjandet kan göra att spannmålgården uppfattar att de inte har lika stora vinster att göra på införande av vall i växtföljden. En möjlighet för att öka maskinanvändning är samverkan med andra gårdar, t.ex. vid vallskörd. Även läglighetseffekter behöver beaktas när spannmålsarealen ändras (de Toro och Rosenqvist, 2005).

Näst största kostnadsposten för de olika grödorna var gödsel och utsäde. För spannmål och oljevaxter utgjorde gödselkostnaden 15- 26 % och för vallen ca 1/3 av totala kostnaderna.

Skörde- och arealrelaterade kostnader

Produktionskostnaderna kan delas upp i skörderelaterade och arealrelaterade kostnader och andelen av de båda varierar mellan olika grödor (tabell 18). När en stor del av kostnaderna är skörderelaterade sjunker kostnaden per hektar med

minskad avkastning. Om en stor del av kostnaderna är arealrelaterade blir produktionskostnaden hög per ton, när skörden blir låg.

Tabell 18. Skörderelaterad respektive arealrelaterad kostnad för olika grödor.

	Arealrelaterade		Skörderelaterade		Totalt kr /ha
	kr/ha	% av kostnader	kr /ha	% av kostnader	
<i>Skåne utan vall</i>					
Malkorn	5561	67	2683	33	8244
Höstvete	7142	67	3472	33	10613
Höstvete	7142	67	3472	33	10613
Höstraps	7223	72	2841	28	10064
Höstvete	5962	60	4050	40	10012
Sockerbetor	13125	80	3185	20	16309
<i>Skåne med vall</i>					
Malkorn	5476	67	2683	33	8159
Vall I	4453	43	5831	57	10284
Vall II	3663	46	4373	54	8036
Höstraps	7360	75	2468	25	9829
Höstvete	5744	58	4195	42	9939
Sockerbetor	13125	80	3248	20	16373
<i>Västra Götaland utan vall</i>					
Malkorn	5622	71	2313	29	7935
Havre	5573	70	2377	30	7950
Höstvete	7086	70	2990	30	10076
Höstraps	7223	76	2273	24	9496
Höstvete	5906	65	3231	35	9137
Höstvete	7086	73	2652	27	9738
<i>Västra Götaland med vall</i>					
Malkorn	5537	71	2313	29	7850
Vall I	4453	46	5248	54	9701
Vall II	3663	48	3906	52	7570
Höstraps	7360	79	1998	21	9358
Höstvete	5629	63	3375	37	9005
Höstvete	6809	71	2797	29	9606
<i>Uppland utan vall</i>					
Malkorn	5444	71	2220	29	7664
Höstvete	7031	71	2845	29	9876
Höstvete	7031	71	2845	29	9876
<i>Uppland med vall</i>					
Malkorn	5322	71	2220	29	7543
Vall I	4453	47	4956	53	9409
Vall II	3663	50	3732	50	7395
Höstvete	6313	66	3231	34	9543
Höstvete	6722	69	3086	31	9808

Generellt sett har spannmål högre andel arealrelaterade kostnader jämfört med vall. Detta framgår även i tabell 18 där t.ex. i Skåne 58- 67 % av kostnaderna i spannmålsodlingen är arealrelaterade och 33-42 % är skörderelaterade. Motsvarande siffror för vallen i Skåne är 44 % arealrelaterade och 56 % skörderelaterade kostnader. Detta innebär att produktionskostnaden per ton vall inte ökar lika mycket procentuellt sett som för spannmål, raps eller sockerbetor, när skördenivån sjunker på grund av mindre bördig mark.

I Västra Götaland och Uppland, med lägre skördenivåer än Skåne, utgjorde den arealrelaterade kostnaden en större andel av kostnaderna jämfört med Skåne. I Västra Götaland utgjorde de arealrelaterade kostnaderna 63-73 % för spannmål jämfört med 47 % för vallen. Motsvarande siffror i Uppland var 66-71 % för spannmål och 48 % för vall.

Vall har en betydligt större andel av kostnaderna som är kopplade till skördens storlek jämfört med ettåriga grödor, vilket gör att vall blir ekonomiskt mindre konkurrenskraftigt på bördigare marker. Detta överensstämmer med var i Sverige vall odlas på störst andel av åkermarken.

En annan faktor som påverkar vallens konkurrenskraft jämfört med de ettåriga grödorna är vallavkastningen i förhållande till spannmåls- och rapsavkastningen. Av de tre områdena är Skåne det område som har lägst vallskörd i procent av spannmåls- och rapskörd.

Den låga vallskörd i förhållande till andra grödor, vallens högre andel av kostnaderna som är relaterade till skördens storlek och att det redan finns andra tillgängliga avbrottsgrödor i södra Sverige bidrar sammantaget till att vall blev minst intressant i växtföljden i Skåne av de tre studerade områdena. I Uppland var skörden av vall i relation till spannmål högre och det finns färre avbrottsgrödor att välja mellan. Detta innebär på motsvarande sätt att vallen blev mer intressant att införa i Uppland.

Alternativvärdet på mark

När vall infördes i växtföljden i Skåne och Västra Götaland ersatte den grödor med lägre lönsamhet än genomsnittsgrödan i växtföljden. När man ska fastställa alternativvärdeskostnad på mark som skall odlas med vall tar man ofta lönsamheten i antingen de grödor som vall ersätter eller genomsnittet av andra grödor i befintlig växtföljd, dvs. växtföljd utan vall i detta fallet. Om man tar genomsnittet i lönsamhet i den befintliga växtföljden överskattar man alternativvärdet på mark, när grödor med lägre lönsamhet än genomsnittsgrödan ersätts. Dessutom överskattas alternativvärdet på mark när man inte beaktar lönsamhetsökningar i övriga grödor i växtföljden.

Känslighetsanalyser

Ändrat pris på vallen

En avgörande faktor för hur lönsamt det är att börja odla vall är vilket pris som lantbrukaren får för vallen. Det pris som användes i denna studie var 1,25 kr/kg ts fritt anläggning. Priset är en osäker faktor som är mycket beroende av vallens kvalitet, användningsområde samt lokala förhållanden och konkurrens med andra grödor.

Priset på 1,25 kr/kg ts avsåg priset fritt levererat vid anläggningen och inkluderade en transportsträcka som antogs vara 7 km med traktor till en kostnad av 0,18 kr/kg ts. Om kostnaden för den transporten räknas bort ger det ett pris exklusive transport på 1,07 kr/kg.

I en känslighetsanalys undersöktes hur lönsamheten för växtföljden med vall påverkades av ett ändrat pris på vallen. Med ett vallpris på en krona per kg ts fritt levererat (7 km) var den skånska vallväxtföljden 264 kr per hektar lönsammare än växtföljden utan vall. För Västra Götaland och Uppland var motsvarande värde 522 kr/ha respektive 617 kr/ha.

Ändrade priser på producerade grödor

En intressant fråga är hur ekonomiskt intressant det är att odla vall med andra produktpriser än dagens. Om alla produktpriser ändras med lika många procent stiger naturligtvis alternativvärdet på mark och därmed krävs ett högre pris för vall, eftersom lönsamheten i andra grödor ökar.

Om alla produktpriser stiger med samma procentsats förbättras vallväxtföljdens lönsamhet mer än växtföljden utan vall. Om priserna rent hypotetiskt stiger på alla andra grödor men är oförändrade på vall och insatsmedel i växtodlingen, så uppvisar växtföljden med resp. utan vall samma ekonomiska resultat med en prisuppgång på 31 % för ettåriga grödor för Skåne, 51 % för Västra Götaland och 49 % för Uppland. Detta visar att vallväxtföljden är ekonomiskt konkurrens-kraftig även vid måttliga prisuppgångar på andra grödor. En förklaring till att vallväxtföljden är konkurrenskraftig vid relativt höga prisökningar på andra grödor i framförallt Västra Götaland och Uppland är den högre skördenivån i vallväxtföljden.

Skördad vall byts ut mot bevuxen träda

En analys gjordes av vad som händer om vallen inte skördas eller gödslas utan får ligga som bevuxen träda. Träda kan vara ett intressant alternativ om det inte finns avsättning för vall. Utfallet påverkas till stor del av priser och skördenivåer på andra grödor. I kalkylerna är resultatet -1116 kr/ha och år för tvåårig bevuxen träda som putsas en gång per år. Där ingår även allmänna företagskostnader på 300 kr/ha och år.

Växtföljden med träda uppvisar för Skåne ett resultat som endast är 29 kr/ha högre jämfört med växtföljden utan vall, dvs i stort sätt samma lönsamhet. Träda kan i vissa fall bli ekonomiskt intressant med tanke på de krav på ekologiska fokusarealer som gäller för år 2016.

För både Västra Götaland och Uppland är träda i växtföljden ett ekonomiskt intressant alternativ vid de förhållanden som gäller i beräkningarna. Växtföljden med träda visar ett resultat som är 411 kr/ha högre än växtföljden utan vall i Västra Götaland och 551 kr/ha i Uppland. I Uppland är dock träda den markanvändning som uppvisar lägst lönsamhet av de grödor som ingår i växtföljden med träda.

Transportavståndets betydelse

För vall utgjorde transportkostnaderna en relativt stor andel av de totala kostnaderna. Till exempel stod de för 16-17 % av totala kostnaderna i Västra Götaland. Transportkostnaderna är också av stor betydelse när växtodlingsgårdar och nötkreatursgårdar skall samverka med vallodling. I beräkningarna antogs att

transporterna av vall från fält till lager gjordes med traktor och ett avstånd på 7 km. Ju mer vallen förbättrar lönsamheten i växtföljden jämfört med växtföljden utan vall, desto längre sträcka kan vallfodret transporteras. Detta innebar att vallfodret ekonomiskt sett kunde transporteras längst från uppländska växodlingsgårdar och kortast sträcka på skånska växodlingsgårdar. En intressant frågeställning blir därmed vid vilken transportkostnad eller transportavstånd som vallväxtföljden har samma lönsamhet som växtföljden utan vall.

Transportkostnaderna per mil varierar beroende på bland annat vilken typ av transport som väljs. I känslighetsanalysen användes transportkostnaden 180 kr per mil och ton ts för transport med lastbil enligt Sjösvärd (pers. medd., 2015).

Vid en transportkostnad på 522 kr/ton ts i Skåne, 630 kr/ton ts i Västra Götaland och 638 kr/ton ts i Uppland uppvisar växtföljden med resp. utan vall samma lönsamhet. För *förstaårsvallen* ger det en transportkostnaden per hektar på 5220 kr i Skåne, 5670 kr i Västra Götaland och 5423 kr i Uppland. Med en transportkostnad på 180 kr/ton ts och mil motsvarar detta en transportsträcka på ca 2,9 mil för Skåne och 3,5 mil för Västra Götaland och Uppland.

En djurgård som inte uppfattar att den har positiva växtföljdseffekter på marginalhektaret i vallodling kan fundera på att minska sin vallodling och i stället låta någon växtodlingsgård odla vall till djurgården. Skillnad i produktionskostnad och det pris som krävs för bibehållen lönsamhet när man jämför växtföljderna med och utan vall var 138 kr/ton ts för Skåne, 299 kr/ton ts för Västra Götaland och 426 kr/ton ts för Uppland. Med en transportkostnad på 180 kr per ton ts och mil motsvarade detta en extra transportsträcka på ca 0,8 mil för Skåne, ca 1,7 mil för Västra Götaland och ca 2,4 mil för Uppland.

Högre avkastning

I beräkningarna antogs att rapsskörden var 200 kg/ha högre i växtföljden med vall. Om ökningen i stället skulle vara 400 kg/ha förbättras vallväxtföljden ytterligare. I både Skåne och Västra Götaland ökade lönsamheten med 450 kr/ha höstraps, när skörden stiger 200 kg/ha. För hela växtföljden ökar lönsamheten med 75 kr/ha och år.

Det är lite osäkert hur introduktion av vall i växtföljden påverkar sockerbetornas avkastning. Om betskörden ökar med ett ton, ökar intäkterna i båda de skånska växtföljderna med 311 kr/ha och kostnaderna ökar med 53 kr/ha betor, vilket leder till ett ökat netto på 258 kr/ha sockerbetor. Hela den sexåriga växtföljdens lönsamhet ökar med 43 kr/ha. Om vi fördelar ut värdet av ett ton ökad betskörd per hektar på produktionskostnaden av vall, så sänker detta produktionskostnaden på vall med 15 kr/ton ts vall.

Påverkan på lönsamheten av att exkludera vallens skördeökande effekter

När en växtodlingsgård står inför valet att förändra växtföljden t.ex. genom att börja odla vall och leverera denna till en biogasanläggning, kan beslutet påverkas av om och hur vallens mervärden såsom dess skördehöjande effekter på de andra grödorna i växtföljden räknas in. När skörden ökar ändras även skörderelaterade kostnader som gödsling, transport och torkning.

I huvudanalysen gjordes beräkningar för vallväxtföljden för skördeökningar i höstraps, höstvetete och sockerbetor, se tabell 10. Om dessa skördeökningar inte inkluderas i beräkningarna försämras resultatet för alla tre omådena. Lönsamheten

minskar med 173 kr per hektar i Skåne, 169 kr per hektar i Västra Götaland och 245 kr per hektar i Uppland, sett som ett genomsnitt för hela växtföljden. En delförklaring till att värdet av merskördar har störst betydelse i Uppland är den kortare växtföljden. En annan anledning till att inte merskördarna slår igenom mer på resultaten, är att även kostnader för gödsel, transport, torkning och analys ökar per hektar.

Minskade kostnader för bekämpning i vallväxtföljd

När vall införs i spannmålsdominerande växtföljder påverkas behovet av bekämpning på både kort och lång sikt. Påverkan på lång sikt är bland annat beroende på förekomsten av problemgräs som t.ex. renkavle.

Bekämpningsmedlens andel av de totala kostnaderna skiftar mellan olika grödor och regioner. I Västra Götaland hade höstraps högst andel av kostnaderna som utgjordes av bekämpningsmedel, 14 %, följt av höstvetete med 7 -8 %. Motsvarande andel för malkorn var endast 4 %. Vall har mycket låga kostnader för bekämpning.

I analysen testades vad halverade preparatkostnader innebar i vallväxtföljden, dels på hektarkostnaden och dels på kostnaden per ton producerad vara. I och med att både sockerbetor och höstraps ingick i den skånska växtföljden hade 50% reduktion av bekämpningsmedelskostnaden stor effekt och minskade kostnaderna med 345 kr/ha och år i hela växtföljden, vilket motsvarade 118 kr/ton ts vallfoder.

I Västra Götaland innebar 50 % minskning av bekämpningsmedelskostnaden en kostnadsminskning på 257 kr/ha i genomsnitt i växtföljden. Detta motsvarade 98 kr/ton ts vallfoder.

I Uppland hade minskad användning av bekämpningsmedel minst ekonomisk betydelse. Dels odlades varken sockerbetor eller höstraps i den studerade växtföljden. Dels var bekämpningskostnaderna i korn och höstvetete lägre per hektar i Uppland än i Västra Götaland och Skåne. I Uppland innebar en 50 % minskning av bekämpningsmedelskostnaden en minskning på 147 kr/ha i genomsnitt i växtföljden. Detta motsvarade 49 kr/ ton ts vallfoder för vallen och är hälften så stor minskning per ton ts vallfoder som i Västra Götaland.

Slutsatser från de ekonomiska beräkningarna

- I samtliga tre regioner förbättrades lönsamheten när vall infördes i växtföljden genom ökade skördar, minskade kostnader för insatsmedel per ton producerad vara och genom att grödor med sämre lönsamhet i växtföljden ersattes med vall.
- Lönsamheten per hektar av att införa vall i spannmålsdominerade växtföljder ökade mest i Uppland och minst i Skåne. När man inför vall i växtföljden istället för att t.ex. odla spannmål två år i rad ersätts grödor med svag lönsamhet. I Skåne finns fler grödor att välja på jämfört med Uppland. Detta är en förklaring varför vall är mer av intresse att införa i spannmålsväxtföljder i Uppland än i Skåne.
- Produktionskostnaden för vall beräknades till 1047 kr/ton ts i Skåne, 1100 kr/ton ts i Västra Götaland och 1128 kr/ton ts i Uppland.

- Om vallen i den skånska växtföljden skulle säljas för 909 kr/ton ts är lönsamheten för hela växtföljden med vall densamma som för växtföljden utan vall. I Västra Götaland krävdes ett pris på 801 kr/ton ts för att den antagna växtföljden med vall skulle uppvisa samma lönsamheten som den utan vall. Motsvarande pris på vallen i Uppland var 702 kr/ton ts.
- Om man endast ser till de faktiska kostnaderna relaterade till vallodlingen hade vall alltså lägst produktionskostnad i Skåne och högst i Uppland. Men eftersom värdet av vallen var störst i växtföljder med färre grödor med positiv förfruktseffekt att välja mellan, behövdes ett lägre pris på vallen för att uppnå samma lönsamhet i växtföljderna i Uppland jämfört med i Skåne.
- I växtföljderna i Västra Götaland och Uppland kunde träda förbättra lönsamheten med de antaganden vi gjorde. Träda kan därför vara ett ekonomiskt intressant alternativ när det inte finns avsättning för vallfoder.
- I alla tre områdena var både energi- och proteinproduktionen högre i vallväxtföljden än i växtföljden utan vall. I vallväxtföljden producerades mellan 5 och 14 % mer energi och mellan 29 och 44 % mer protein än i växtföljden utan vall, där den lägsta procentuella ökningen avsåg Skåne och högsta ökningen avsåg Uppland.

Livscykelanalys

Delstudiens syfte och omfattning

Syfte och funktionell enhet

Syftet med delprojektet var att utvärdera hur energianvändning och miljöpåverkan från spannmålsodling i Uppland påverkas när vall som biogasgröda införs i växtföljden. Den funktionella enheten som miljöaspekterna relaterades till var 1 ton spannmål (85 % ts-halt) vid gårdsgrind. Särskilt fokus låg på de skörde-höjande effekterna av vall på efterföljande spannmålsgrödor och hur val av vall (ogödslad blandvall, gödslad blandvall och gödslad gräsvall) påverkar resultatet.

Miljöaspekter

Miljöaspekter som utvärderades var energianvändning, utsläpp av växthusgaser samt försurnings- och övergödningspotential. Energin användningen presenteras i primärenergi, dvs. energin i energikällan före omvandling till mer användbara energibärare som till exempel el eller diesel.

Viktningfaktorerna för övergödning, försurning och klimatpåverkan finns sammanställda i tabell 19. Utsläpp av växthusgaser redovisas som koldioxid-ekvivalenter (CO₂-ekv.) baserat på de viktningfaktorerna som IPCC (2007) anger utifrån ett 100-årsperspektiv. För försurning används genomsnittliga faktorer för Europa och för övergödning används generiska faktorer där både N och P antas bidra till övergödning.

Tabell 19. Viktningsfaktorer för försurnings- och övergödningspotential (Guinée m.fl., 2002) samt växthuseffekt (IPCC, 2007).

Ämne	Övergödning (g PO ₄ ³⁻ -ekv. g ⁻¹)	Försurning (g SO ₂ -ekv. g ⁻¹)	Växthuseffekt (g CO ₂ -ekv. g ⁻¹)
P till vatten	3,06		
N till vatten	0,42		
NO _x till luft	0,13	0,5	
NH ₃ till luft	0,35	1,6	
SO ₂ till luft		1,2	
CO ₂ till luft			1
CH ₄ till luft			25
N ₂ O till luft			298

Systemgränser

Systemen utvärderades ur ett livscykelperspektiv vilket innebar att alla relevanta delar av produktionskedjan inkluderades, t.ex. produktion av insatsmedel (diesel, mineralgödsel, bekämpningsmedel, el), transporter, årligt förekommande fältarbeten samt spannmålstorkning. För alternativen med vall i växtföljden ingick även vallensilering, biogasproduktion, användning av rötad biomassa (rötrest) och

dieselanvändning som kan undvikas när biogas ersätter motsvarande mängd diesel.

När man jämför olika system i en LCA måste de uppfylla samma funktion för att vara likvärdiga. Den huvudsakliga funktionen för de system som vi analyserar är att producera spannmål vilket innebär att energianvändning och emissioner är relaterade till spannmålsproduktionen. Växtföljderna med vall som biogassubstrat producerar dessutom energi till skillnad från växtföljden med bara vårkorn och höstvetete. För att kunna jämföra systemen måste man kompensera något av systemen så att de blir likvärdiga och därmed jämförbara. För att inkludera att vallen producerar energi som ersätter fossila bränsle, subtraherades den fossila energianvändningen och utsläppen som kan undvikas när biogas ersätter diesel från de totala utsläppen. Detta innebar alltså att energianvändningen och utsläppen för hela produktionskedjan från vall till biogas ingick och att de utsläpp som hade ägt rum om motsvarande mängd diesel använts subtraherades bort.

Vi antog att el som användes vid uppgraderingen av biogasen till fordonsbränsle var producerad från naturgas för att spegla en tänkbar användning av framtida marginalel, dvs. det produktionsslag som i första hand antas komma att påverkas vid förändringar i efterfrågan.

Genom att hela växtföljder ingick i analysen, inkluderades även meravkastningen för övriga grödor i växtföljden som vallen gav upphov till. Vallen medförde även ökad kolinlagring jämfört med om man bara odlar spannmål. Samtidigt innebar införandet av vall i växtföljden att mindre spannmål producerades på den totala arealen. Den indirekta effekten på förändrad markanvändningen (iLUC) som kan induceras inkluderades i en känslighetsanalys och jämfördes med den direkta effekten som vallen genererar.

Spannmålsutsädet togs med genom att reducera utsädesmängden (220 kg för höstvetete och 180 kg för vårkorn) från den förväntade skörden. Vallutsädet antogs inte ha någon betydande påverkan och ingick därför inte. I studien ingick bara miljöpåverkan från driften medan konstruktionen av maskiner, byggnader och biogasanläggningen inte inkluderades.

Grundantaganden

Växtföljder och skördenivåer

I den renodlade spannmålsväxtföljden ingick vårkorn följt av två år med höstvetete. I alternativen med vall såddes vallen in i vårkorn och efter vallbrott följde två år med höstvetete. Beroende på vallstrategi kommer avkastningsnivån att variera. De antagna skördenivåerna är sammanställda i tabell 20. Vi antar att meravkastningen på höstvetete som följer direkt efter vallbrott är lägre i gräsvallen (+0,4 ton) än i blandvallen (+0,8 ton), medan effekten för andra året med höstvetete är oberoende om det var klöver i vallen eller inte (+0,5 ton). Den förväntade förfruktseffekten från gräsvall överensstämmer med Jordbrukets riktlinjer samt uppgifter sammanställda av Lindén (2008). Vi antog att den gödslade gräsvallen har 3 % högre avkastning och den ogödslade blandvallen 18 % lägre avkastning än den gödslade blandvallen baserat på ekvationer för torrsubstansavkastning framtagna av Kornher (1982). Även fältförsök (Tuveesson, 1988) med liknande vallsammansättning (timotej, ängssvingel och rödklöver) uppvisar resultat i liknande riktning

(+1 % för gödslad gräsvall och -14 % för ogödslad blandvall jämfört med gödslad blandvall).

Tabell 20. Antagen avkastning (ton per ha) för de olika grödorna i de fyra växtföljderna. Vall anges för 100 % ts och spannmål för 85 % ts.

	Växtföljd med bara spannmål	Växtföljd med ogödslad blandvall	Växtföljd med gödslad blandvall	Växtföljd med gödslad gräsvall
Korn	4,8	4,8	4,8	4,8
Vall I		7,0	8,5	8,8
Vall II		5,2	6,4	6,6
Höstvete	5,9	6,7	6,7	6,3
Höstvete	5,9	6,4	6,4	6,4

Kvävegödsling av en blandvall gör att gräset gynnas på bekostnad av klövern. Klöverandelen påverkar i sin tur kvävehalten i vallen. Baserat på Kornher (1982) sattes kvävehalterna i vallensilage till 2,5 % för gödslad gräsvall, 2,8 % för gödslad blandvall och 3,0 % för ogödslad blandvall.

Fältarbeten och gödsling

Vi inkluderade följande fältarbeten i spannmålsodlingen; stubbearbetning, plöjning, harvning, sådd, gödsling, kemisk bekämpning, skörd och torkning. Energianvändning för de olika momenten hämtades från Flysjö m.fl. (2008) om inget annat anges och siffror över utsläppen av CO₂ och SO₂ från Gode m.fl. (2011) och NO_x från Lindgren m.fl. (2004). Dieselanvändningen för inomgårds-transporter antogs vara 10 % av dieseln som användes för fältarbete.

Gödslingen av N och P gjordes i enlighet med de principer som redovisas i ekonomikapitlet och finns sammanställda i tabell 21. Kvävegivorna för gödslad vall utgick från Jordbruksverkets riktlinjer, vilket innebar reducerade kvävegivor för blandvallen baserat på klöverandel (30 % klöver antogs). Vi antog i livscykelanalysen att ingen K-gödsling gjordes eftersom lerjordarna i området har hög kapacitet att leverera kalium genom vittring.

Tabell 21. Antaget behov av N och P (kg per ha och år) för grödorna i växtföljderna.

	Bara spannmål		Ogödslad blandvall		Gödslad blandvall		Gödslad gräsvall	
	N	P	N	P	N	P	N	P
Korn	84	14	84	14	84	14	84	14
Vall I					148	26	230	28
Vall II					116	19	180	21
Höstvete*	143	18	159	20	159	20	151	19
Höstvete	143	18	153	19	153	19	153	19

*Vi antog att klövern i blandvallen levererar 40 kg N till det efterföljande höstvetet. N-givan för höstvete som direkt följer efter blandvallen reduceras alltså med 40 kg jämfört med vad som angetts i tabellen.

Energianvändning och utsläpp av växthusgaser från produktionen av mineralgödsel hämtades från Brentrup och Pallière och gällde för europeisk gödselmedelsproduktion år 2011. Utsläppen av SO₂ och NO_x togs från Davis och Haglund (1999).

Vallens hanteringskedja

Hanteringskedjan för vall som ensileras utgörs av skörd, transport och inläggning i slang och är hämtad från Gunnarsson m.fl. (2015). Hanteringskedjan är ursprungligen framtagen för skörd av rörfen. Maskiner och kapaciteter gäller för storskalig skörd och hantering. För en vallskördekedja kan detta motsvaras av storskalig odling av vall till biogas och att skörd, transport m.m. sköts av en maskinstation.

Dieselförbrukningen för vallens hanteringskedja sammanfattas i tabell 22. En mer detaljerad beskrivning av de olika momenten finns i bilaga 3.

Tabell 22. Sammanställning av resultat för hantering av vall från skörd till och med inläggning i tub,

	Tid [h/ha]	Dieselförbrukning [l/h]	Använd diesel [l/ha]
Slätterkross	0,17	26	4
Strängläggare	0,13	17	2
Exakthack	0,18	63	12
Inläggning i slang	0,18	27	5

Energianvändningen och utsläpp av växthusgaser för ensileringsplast och ensileringsmedel hämtades från Strid och Flysjö (2007). För slanglagring beräknades plaståtgången till 1,4 kg plast per ton ts när en slang med diametern 12 fot och 150 m längd användes. Beräkningarna baserades på Sundberg (2007) samt uppgifter från Lantmännen Lantbruk.

Förlusterna vid slangensilering är 6-8 % enligt Ljungberg m.fl. (2013). Eftersom de hygieniska aspekterna inte är lika avgörande vid framställning av biogas som vid produktion av foder har vi uppskattat att förlusterna kan halveras om användningen är till biogas. Vi antar därför att ensileringsförlusterna är 3,5 %.

Rötning av vallen och hantering av rötresten

Vi antog att avståndet mellan biogasanläggningen och fälten där vallen producerades och rötresten spreds var 10 km. Energianvändning och utsläpp från dessa transporter hämtades från Börjesson och Berglund (2006).

Biogasanläggningen antogs vara en större samrötningsanläggning baserad på en kontinuerlig mesofil process. I beräkningarna inkluderas endast nedbrytning och biogasproduktionen från ensilerad vall. Övriga substrat som kan behövas för att uppnå en optimal process och eventuell spädning för att nå önskad TS-halt i röt-kammaren tas inte med i beräkningarna. Ingående vall producerar biogas som utgörs av 55 % CH₄ och 45 % CO₂. Mängden biogas antas utgöra minskningen av VS, TS och våtvikt. Samma antagande gäller för efterbildning av metan i rötrest-lager.

Andelen VS i vall antogs vara 92 % av TS och TS antogs vara 33 %. Den faktiska metanproduktionen per kg VS för vall i röt-kammaren sattes till $0,3 \text{ nm}^3 \text{ CH}_4$ per kg VS baserat på Smyth (2009). Detta värde ligger inom spannet för andra studier som rapporterat metanproduktionen för vall. Särnholm (2011) analyserade metanpotentialen för vall och angav en metanpotential mellan $0,27 - 0,34 \text{ nm}^3/\text{kg VS}$. I Avfall Sverige (2009) anges biogaspotentialen för vall, okänd grön gödslingsvall, till $0,33 \text{ nm}^3/\text{kg VS}$ med en variation mellan $0,27 - 0,39 \text{ nm}^3/\text{kg VS}$.

Värmeförbrukningen för rötningsanläggningar varierar mellan 2-17 % av gasproduktionen (Linné m.fl., 2013; Särnholm, 2011; Liljestam Carnuto, 2011). Värmebehovet sattes till 8,4 % av den producerade gasen baserat på Edström m.fl. (2008) och räknades av från den producerade energimängden.

Elbehovet varierar mellan 3-11 % av gasproduktionen för samrötningsanläggningar (Lantz m.fl., 2009, Liljestam Carnuto, 2011; Linné m.fl., 2013; Särnholm, 2011). De flesta av de angivna elförbrukningarna finns inom intervallet 0,06-0,09 kWh el/kWh gas. En kvalificerad uppskattning är ca 0,07 kWh el/kWh gas vilket var siffran som användes i vår studie. Emissionsdata för elproduktion baserad på naturgas togs från Gode m.fl. (2011). För att kunna uttrycka elanvändningen i primärenergi multiplicerades den med 1,97 för att inkludera omvandlings- och distributionsförluster.

Förluster av metan från rötningsanläggningen uppvisar en stor variation. I Avfall Sveriges sammanställning (2012) låg metanutsläppen för merparten av de undersökta biogasanläggningarna under 0,5 % av den producerade rågasen. Mindre än 0,5 % metanutsläpp av producerad biogasmängd är också ett krav för att få ersättning i Österrike. Vi antog därför 0,5 % metanförluster för biogasanläggningen i våra beräkningar.

Vi utgick från att gasen uppgraderades i en anläggning i närheten av biogasanläggningen och att den producerade biogasen ersatte diesel. Data för emissioner som kunde undvikas när dieseln ersattes med biogas (s.k. slupna emissioner) togs från Gode m.fl. (2011). Elanvändningen för skrubbing och komprimering sattes till 0,25 kWh per m^3 metan, vilket är uppskattat från Hjort och Bigelius (2014) och metanförlusterna vid uppgraderingen till 1,4 % av levererad fordonsgas (Avfall Sverige, 2012).

Metanförlusterna under lagring sattes till 3,5 % av den potentiella metanproduktionen (B_0) för rötresten. B_0 för rötresten, dvs. restmetanpotentialen för rötresten ($238 \text{ l CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ VS}$) hämtades från Björnsson m.fl. (2016). Det antas att den biogas som bildas i rötrestlagret har samma förhållande, per volym, mellan metan och koldioxid som biogasen från röt-kammaren, 55 % metan och 45 % koldioxid. Med detta beräkningssätt avgick 0,8 % av den producerade gasen under lagring.

Rötresten spreds i växande spannmål med släpplångsteknik. Vi antog att andelen $\text{NH}_4\text{-N}$ var 60 % av totala N-innehållet i rötresten (Delin m.fl., 2012; Sørensen m.fl., 2011). Enligt Delin m.fl. (2012) kan man förvänta sig högre kväveeffekt av rötade än orötade organiska gödselmedel, och därför antogs att 70 % av totalkvävet var växttillgängligt före förluster. Ammoniakförlusten sattes till 15 % av $\text{NH}_4\text{-N}$ (Quakernack m.fl., 2012). Kväveinnehållet i rötresten räcker inte för att försörja hela växtföljden med kväve, vilket innebär att växtföljden med vall och spannmål använder både rötrest och mineralgödsel. Rötresten spreds i första hand på korn och andra året med höstvetet som föregår korn i växtföljden. De olika

växtföljderna med vall producerar olika mängder rötrest med varierande andel kväve. Det som återstod när korn samt höstvetete med höstvetete som förfrukt fått sitt N-behov täckt med rötrest, spreds på höstvetetet som odlas direkt efter vallbrottet. Resterande kvävebehov täcktes med mineralkvävegödsel. Totalt spreds rötrest på 69 % av spannmålsarealen i växtföljden med gödslad blandvall. Motsvarande siffra för växtföljden med ogödslad blandvall var 58 % och för växtföljden med gödslad gräsvall 63 %.

Övrig indata

Genomsnittlig kolinlagring för växtföljden med gödslad blandvall sattes till 192 kg per hektar, baserat på en tidigare studie om miljöeffekter av vall i växtföljd (Tidåker m.fl., 2014). Motsvarande kolinlagring för växtföljden med spannmål sattes till 24 kg per ha som ett genomsnitt över 30 år baserat på samma studie. Dessa beräkningar baserades på simulering av matjordens kolförändringar med ICBM-modellen (Kätterer och Andrén, 2001). Vi antog vidare att ökningen i kolinlagring från den gödslade blandvallen och gräsvallen jämfört med den ogödslade blandvallen motsvarade ökningen i vallskörden, dvs 22 resp. 26 %.

Nitratutlakningen i de olika växtföljderna uppskattades med en empirisk utlakningsmodell som tagits fram av Aronsson och Torstensson (2004). Förväntade fosforförluster hämtades från tidigare gjorda simuleringar för området och inkluderade både förluster genom avrinning och utlakning genom rotzonen (Johnsson m.fl., 2008).

Emissioner av kväve i form av NH_3 vid tillförsel av mineralkväve sattes till 0,9 % av tillfört N i enlighet med EMEP/EEA (2009). Direkta och indirekta emissioner av lustgaskväve ($\text{N}_2\text{O-N}$) beräknades enligt IPCC (2006). De direkta förlusterna sattes till 1 % av allt kväve som tillfördes i form av mineralgödsel, rötrest och skörderester. Indirekta lustgasemissioner sattes till 1 % av kvävet som avgick som ammoniak och 0,75 % av kvävet som lakades ut.

Resultat och diskussion

Energi

Energianvändningen för växtföljden med enbart spannmål var knappt 2000 MJ per ton spannmål. Samtliga växtföljder som även inkluderade vall för biogasproduktion var istället nettoleverantörer av energi eftersom energin i biogasen som ersatte diesel var betydligt större än både energiåtgången kopplad till biogasproduktionen och produktionen av spannmålsgrödor och biogassubstratet i form av vall (tabell 23).

Tabell 23. *Energianvändning (MJ primärenergi per ton spannmål) för en växtföljd med enbart spannmål jämfört med växtföljder som även inkluderade tre olika valltyper.*

	Spannmål	Spannmål + ogödslad blandvall	Spannmål + gödslad blandvall	Spannmål + gödslad gräsvall
Fältarbete & torkning	916	1172	1179	1202
Tillverkning min.gödsel	1061	402	995	1490
Ensileringsmedel & -plast		222	271	287
Transporter		102	125	132
Biogasproduktion		1236	1510	1597
Ersättning av diesel		-4734	-5782	-6117
SUMMA	1978	-1600	-1703	-1409

Mest energieffektiv var växtföljden med den gödslade blandvallen. Detta var en kombination av en relativt hög vallskörd som genererade nästan lika mycket biogas som gräsvall, en kväverik rötrest som ersatte en betydande del av den mineralgödsel som annars skulle använts på spannmålsgrödorna och ett lägre behov av kväve på vallen än gräsvallen. Skillnaden mellan den ogödslade och den gödslade blandvallen var dock inte speciellt betydande, vilket innebar att den lägre skörden för den ogödslade blandvallen och därmed lägre potential att ersätta diesel med biogas till stora delar kompenseras av det minskade behovet av att tillföra mineralkväve. Gräsvallens något större skörd jämfört med den gödslade blandvallen kunde inte kompensera för den högre energianvändningen från tillverkningen av kvävegödsel.

Energianvändningen från tillverkningen av kvävegödselmedel var högre än dieselanvändningen i odlingen och oljan för spannmålstorkningen i både spannmålsväxtföljden och i växtföljden med gödslad gräsvall. För vallväxt-följderna gav även ensileringen upphov till en betydande energianvändning framförallt i form av ensileringsmedel. Plasten gav ett mindre bidrag till ensilerings energipåverkan. Den enskilt största energianvändningen i växtföljderna med vall var dock kopplad till själva biogasproduktionen (inklusive uppgradering). Antagandet att substratet och rötresten transporterades en mil mellan fält och anläggning hade däremot en begränsad effekt på den totala energianvändningen.

Växthusgaser

Utsläppen av växthusgaser var störst från växtföljden med enbart spannmål (308 kg CO₂-ekv. per ton spannmål). Klimatpåverkan i spannmålsväxtföljden kom till största del (61 %) från lustgas.

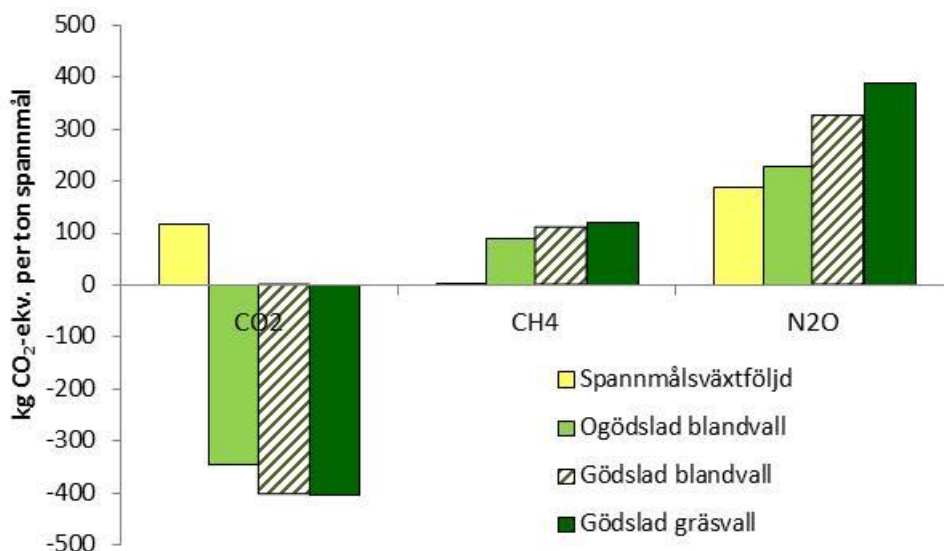
Bäst utfall hade växtföljden med den ogödslade blandvallen eftersom den lägre biogasproduktionen uppvägdes av lägre utsläpp från tillverkning och användning av mineralgödsel. För växtföljden med ogödslad vall var utsläppen negativa eftersom ersättningen av diesel och kolinlagringen var högre än utsläppen förknippade med hela produktionskedjan.

Tabell 24. Klimatpåverkan (kg CO₂-ekv. per ton spannmål) uppdelat på olika aktiviteter och processer för en växtföljd med enbart spannmål jämfört med växtföljder med spannmål som även inkluderade tre olika valltyper.

	Spannmål	Spannmål + ogödslad blandvall	Spannmål + gödslad blandvall	Spannmål + gödslad gräsvall
Fältarbete & torkning	68	86	86	88
Tillverkning mineralgödsel	93	36	91	134
Ensileringsmedel, - plast		9	11	11
Transporter		7	9	9
Emissioner-lagring, fält*	151	227	315	367
Indirekta emissioner	12	22	24	24
Kolinlagring	-17	-204	-243	-256
Biogasproduktion		146	179	189
Ersättning av diesel		-358	-438	-463
SUMMA	308	-28	33	104

*Emissioner från lagring utgjordes av metan och emissioner från fält av lustgas

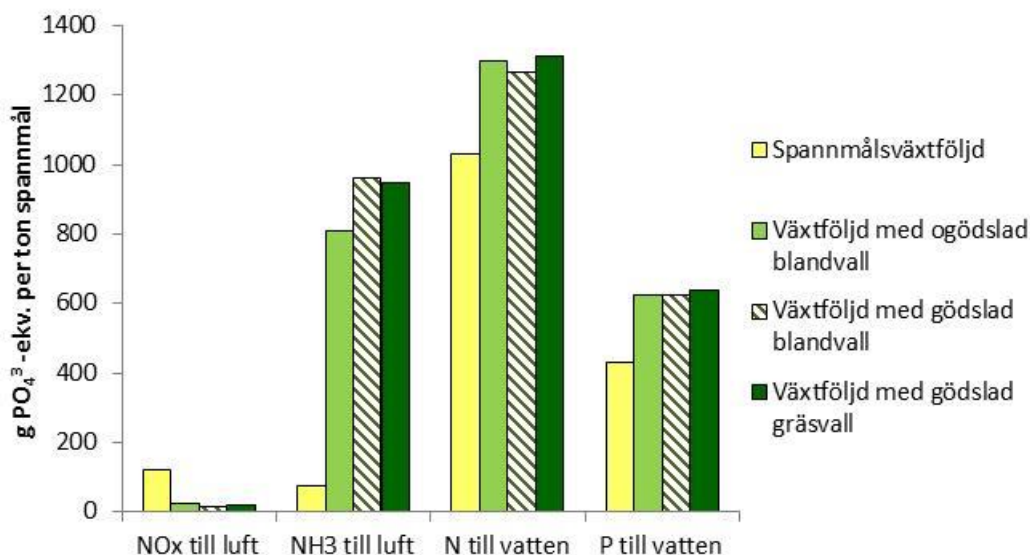
Utsläpp av metan under lagring stod för 10-12 % av de totala utsläppen från lagring och på fältet. Den enskilt största källan för växthusgaser var lustgasutsläpp från markens kväveomsättning (figur 3). Dessa utsläpp var särskilt höga i växtföljden med gödslad gräsvall på grund av högre tillförsel av mineralgödsel. De indirekta utsläppen av lustgas från kväve som gått förlorat till luft eller vatten och som i nästa steg kan omvandlas till lustgas var däremot begränsade jämfört med de direkta utsläppen.



Figur 3. Klimatpåverkan (kg CO₂-ekv. per ton spannmål) uppdelat på olika klimatgaser för en växtföljd med enbart spannmål jämfört med växtföljder som utöver spannmål även inkluderade tre olika valltyper.

Övergödning

Utsläppen av övergödande ämnen dominerades av kväve till vatten för samtliga växtföljder (figur 4). I växtföljderna med vall bidrog dessutom ammoniak-utsläppen från lagring och spridning väsentligt till den potentiella övergödningen. Dessa utsläpp innebar att övergödningen uttryckt per ton spannmål var betydligt högre för samtliga växtföljder med vall och allra högst för växtföljderna med gödslad vall.



Figur 4. Bidrag till övergödningspotentialen (g PO₄³⁻ ekv. per ton spannmål) uppdelat på olika ämnen för en växtföljd med enbart spannmål jämfört med växtföljder som även inkluderade tre olika valltyper.

I tabell 25 visas hur stor andel av övergödningspotentialen som är kopplad till lagringen och fältet. Utsläppen av NOx från fältarbete och produktion av mineralgödsel kompenseras av slupna emissioner när biogas ersatte diesel.

Tabell 25. Bidrag till övergödningspotentialen (g PO₄³⁻ ekv. per ton spannmål) uppdelat på olika aktiviteter och processer för en växtföljd med enbart spannmål jämfört med växtföljder som även inkluderade tre olika valltyper.

	Spannmål	Spannmål + ogödslad blandvall	Spannmål + gödslad blandvall	Spannmål + gödslad gräsvall
Fältarbete	52	78	78	81
Tillverkning mineralgödsel	24	13	30	39
Ensileringsmedel & plast				
Emissioner –lagring, fält	1577	2783	2901	2952
Transporter		7	9	9
Biogasproduktion		11	13	14
Ersättning av diesel		-139	-169	-179
SUMMA	1653	2753	2862	2916

För att minska påverkan på en recipient är utsläppen per hektar viktiga att fokusera på. Den genomsnittliga kväveutlakningen per hektar var 13 kg N och 0,75 kg P per hektar och år i spannmålsväxtföljden. De samlade övergödande utsläppen var 8-12 % högre från vallväxtföljderna än växtföljden med bara spannmål. De direkta utsläppen till vatten av kväve och P per hektar var dock lägre från samtliga växtföljder med vall (tabell 26).

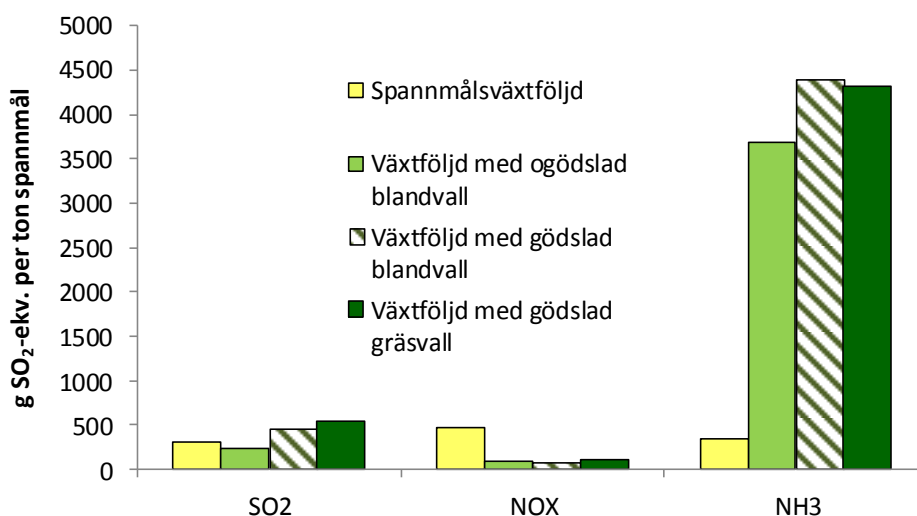
Tabell 26. Övergödningspotential (kg PO_4^{3-} ekv. per ha) för en växtföljd med enbart spannmål jämfört med växtföljder som även inkluderade tre olika valltyper.

	Spannmål	Spannmål + ogödsblad blandvall	Spannmål + gödsblad blandvall	Spannmål + gödsblad gräsvall
NO _x till luft	0,6	0,1	0,1	0,1
NH ₃ luft	0,4	2,8	3,3	3,2
N till vatten	5,5	4,5	4,4	4,4
P till vatten	2,3	2,2	2,2	2,2
TOTALT från 1 ha	8,8	9,5	9,9	9,9
TOTALT till vatten från 1 ha	7,8	6,6	6,5	6,6

Utsläppen av kväve till vatten från växtföljden med vall var i snitt 10-11 kg N per hektar, medan utsläppen av fosfor var marginellt lägre än för spannmålsväxtföljden (0,7 kg per hektar).

Försurning

Utsläppen av försurande ämnen var många gånger större i växtföljderna med vall jämfört med den renodlade spannmålsväxtföljden. De stora skillnaden utgjordes av ammoniakutsläppen från lagring och spridning av rötrest (figur 5). I växtföljden med enbart spannmål bidrog NO_x mest med försurande utsläpp följt av NH₃ och SO₂ som bidrog ungefär lika mycket till försurningspotentialen.



Figur 5. Bidrag till försurningspotential (g SO₂-ekv. per ton spannmål) för en växtföljd med enbart spannmål jämfört med växtföljder som även inkluderade tre olika valltyper.

För växtföljden med enbart spannmål kom de försurande utsläppen i huvudsak från fältet (46 %), följt av tillverkning av mineralgödsel (35 %), fältarbeten och torkning (19 %). Växtföljden med ogödslad vall gav ett lägre bidrag till försurningspotentialen jämfört med övriga valltyper. Det berodde främst på ett lägre behov av mineralgödsel och lägre ammoniakförluster vid spridning eftersom mängden rötrest som spreds var mindre än för de övriga vallväxtföljderna. Den potentiella försurningen från växtföljden med gödslad blandvall och gräsvall var i samma storleksordning.

Tabell 27. Försurningspotential (g SO₂-ekv. per ton spannmål) uppdelat på olika aktiviteter och processer för en växtföljd med enbart spannmål jämfört med växtföljder som utöver spannmål även inkluderade tre olika valltyper.

	Spannmål	Spannmål + ogödslad blandvall	Spannmål + gödslad blandvall	Spannmål + gödslad gräsvall
Fältarbete	214	317	319	328
Tillverkning mineralgödsel	389	249	538	664
Ensileringsmedel & -plast		75	92	97
Fältemissioner	507	3891	4593	4539
Transporter		35	43	46
Biogasproduktion		46	57	60
Ersättning av diesel		-609	-744	-787
TOTALT per ton spannmål	1110	4005	4897	4946

Känslighetsanalys

När bioenergi grödor introduceras på arealer där spannmål för livsmedels- eller foderproduktion odlas, samtidigt som efterfrågan på spannmål kvarstår, ökar trycket att antingen intensifiera produktionen på befintlig åkermark eller att utöka odlingen genom att omvandla gräsmarker eller skog till åker, vilket leder till att kol som tidigare varit bunden i marken frigörs. Dessa indirekta förändringar är viktiga att ta hänsyn till, men är samtidigt svåra att kvantifiera. Det finns ingen konsensus hur man ska beräkna dessa indirekta effekter och rekommendationen är därför att presentera effekten separat och tydligt redovisa vilka antaganden som görs (Flysjö m.fl., 2012). I känslighetsanalysen gjordes antagandet att all markanvändning bidrar till dessa förändringar eftersom jordbruksvaror handlas på en global marknad. Som en följd av detta, användes en generell LUC-faktor för jordbruksmark som sattes till 1430 kg CO₂-ekv. per hektar (Audsley m.fl., 2009).

I tabell 28 illustreras vilken effekt som man får när denna faktorn appliceras på växtföljderna. Samtliga växtföljder med vall visar på lägre klimatutsläpp per ton spannmål än spannmålsodlingen utan vall även när LUC-faktorn inkluderades. Bäst ur klimatsynpunkt utföll växtföljden med den ogödslade vallen. Det marginellt högre LUC-bidraget från växtföljden med gräsvall berodde på att den producerade en något mindre mängd spannmål.

Tabell 28. Bidrag till växthuseffekten (GWP) med respektive utan att beakta förändringar i markanvändning när faktorn 1430 kg CO₂-ekv. per hektar används.

	Spannmål	Spannmål + ogödslad blandvall	Spannmål + gödslad blandvall	Spannmål + gödslad gräsvall
Areal (ha/ton)	0.19	0.29	0.29	0.30
LUC (kg CO ₂ -ekv per ton)	268	414	414	424
Ursprunglig GWP (kg CO ₂ -ekv)	308	-28	33	104
GWP inklusive LUC (kg CO ₂ -ekv per ton)	576	385	447	527

Metanförlosterna kan variera kraftigt i biogasanläggningen, vid uppgradering och under lagring vilket exemplifieras i en rapport från Biomil (Hjort m.fl.). I en dansk studie sjönk utsläppen från biogasanläggningar med enkla åtgärder från 4,6 till 0,6 %. I Tyskland får metanutsläppen vid uppgraderingen inte överskrida 0,2 % för att drifttillstånd ska erhållas. Enligt Björnsson m.fl. (2016) är metanförlosterna vid användning av bästa tillgängliga teknik 0,5 % vid anläggningen och 0,1 % vid uppgraderingen. Även vid lagring av rötrest kan utsläppen reduceras väsentligt med högre utrotningsgrad, gastät lagring med uppsamling av bildad gas och lagring vid låga temperaturer. Med de ursprungliga antaganden var de totala förluster av metan 3 % jämfört med producerad mängd (efter att värmebehovet avräknats). Om utsläppen ökade till 10 % av producerad mängd metan ökade bidraget till klimatpåverkan till 184, 293 samt 378 kg CO₂-ekv. per ton spannmål för växtföljderna med ogödslad blandvall, gödslad blandvall och gödslad gräsvall. Dessa högre förluster innebar med andra ord att spannmålsodlingen med gödslad gräsvall blev sämre ur klimatsynpunkt än den ursprungliga växtföljden med enbart spannmål.

Transportavståndet (10 km) hade en tämligen marginell inverkan på utsläppen av växthusgaser. I känslighetsanalysen ändrades avståndet mellan fält och biogasanläggning till 50 km. Detta resulterade i att utsläppen av klimatgaser ökade och blev 0, 68 och 140 kg CO₂-ekv. per ton spannmål för växtföljderna med ogödslad blandvall, gödslad blandvall och gödslad gräsvall. Transportavståndet hade med andra ord liten inverkan på klimatutsläppen, utan behöver snarare hållas nere av kostnadsskäl.

Slutsatser från livscykelanalysen

- Genom att föra in en tvåårig vall för biogasproduktion i en växtföljd med tre år spannmål kan odlingen bli nettoleverantör av energi eftersom energivinsten när diesel kan ersättas är större än energianvändningen för hela produktionskedjan för såväl spannmål som vall.
- Att odla vall för biogasproduktion är positivt ur klimatsynpunkt på flera sätt; fossila bränslen kan ersättas, kolinlagringen ökar och kvävetillförseln kan minska om rötresten återförs till odlingen. En förutsättning är dock att metanutsläppen under biogasproduktionen, uppgraderingen och lagringen kan hållas låga.

- En blandvall med klöver kan ge en bra skörd med liten eller ingen kvävegödsling. Den lägre skörden hos en blandvall som helt eller delvis förlitar sig på biologisk kvävefixering genererar visserligen en mindre mängd biogas, men detta uppvägs av ett minskat behov av mineralkväve eftersom vallen kan vara självförsörjande på kväve, levererar kväve till nästkommande års gröda vid vallbrott och dessutom genererar en kväverik rötrest som ersätter mineralgödsel för andra grödor. Allt detta innebär att man undviker de utsläpp som produktionen av mineralkväve annars bidrar till. Klövergräsvallar är därför särskilt intressanta som som biogassubstrat ur klimatsynpunkt.
- När man ersätter mineralgödsel med rötrest kommer de försurande och övergödande utsläppen att öka väsentligt per ton producerad spannmål. Det är därför viktigt att vidta åtgärder för att minimera lagrings- och spridningsförluster. Sett över hela växtföljden kan dock kväveutsläppen till vatten minska per hektar när vall införs.

Sammanfattande diskussion

Att införa vall i spannmålsdominerade växtföljder kan få många positiva effekter både för lantbrukare genom förbättrad lönsamhet och får samhället genom de kollektiva nyttigheter som uppstår.

För den enskilde lantbrukaren kan lönsamheten öka genom en kombination av ökade skördar, lägre kostnader för insatsmedel per producerad mängd och för att grödor med sämre lönsamhet byts ut mot vall. För att kunna göra ekonomiska kalkyler inför ett beslut att börja odla vall i växtföljden måste lantbrukare och rådgivare kunna sätta värde på förväntade effekter i växtföljden som vallen genererar. Långliggande försök och väl upplagda fältförsök är viktiga källor för antaganden om effekter på avkastningar. Det finns naturligtvis stora variationer mellan år och mellan olika platser som gör dessa antaganden om meravkastning osäkra. Men att inte alls inkludera vallens positiva effekter på övriga grödor i växtföljden är fel enligt den information som finns tillgänglig.

Genom ett sämre maskinutnyttjande kan dock spannmålsgården uppfatta att den inte har lika stora vinster att göra på att införa vall i växtföljden om gårdens maskiner och anläggningar avsedda för jordbearbetning, bekämpning, spannmåls-skörd och spannmålstorkning används mindre. Maskinutnyttjandet kan därför behöva öka genom maskinsamverkan med andra spannmåls gårdar eller med närliggande nötkreatursgårdar.

Att införa vall i spannmålsdominerade växtföljder påverkar företagets risk. Enligt Petersson m.fl. (2014) minskar risken i växtodlingsföretag när det odlas en lönsam diversifierad grödmix. Petersson m.fl. (2014) visar även att risken i växtodling sjunker när lönsamheten ökar. Genom att växtföljderna med vall visade sig vara lönsammare än växtföljderna utan vall, minskar därmed risken när vall införs i våra exempelväxtföljder. Andra orsaker som minskar riskerna när vall införs i spannmålsdominerade växtföljder är att prissättning av vall och övriga grödor inte har fullständig följsamhet. Även skördekvantitet och skörde kvalitet skiljer sig åt på olika sätt mellan vallodling och annuella grödor. Olika vädertyper vid olika tidpunkter kan påverka vallodling och spannmålsodling på olika sätt.

Björnsson m.fl. (2016) beräknade det ekonomiska utfallet av att introducera gräsvall i två spannmålsdominerade växtföljder i Skåne och Västra Götaland. Enligt deras beräkningar krävdes ett vallpris på ca 120 €/ton ts i växtföljden i Skåne och ca 110 €/ton ts i Västra Götaland för bibehållen lönsam, dvs. betydligt högre pris än vi kom fram till. Studierna bygger på olika antaganden och förutsättning vilket gör att man inte kan jämföra resultaten. Det finns dock några viktiga skillnader mellan studierna som kan belysa varför resultaten skiljer sig så markant. Björnsson m.fl. (2016) utgick från gräsvall som kräver betydligt mer kvävetillförsel för att upprätthålla samma skörd än en motsvarande blandvall. De antog inte heller någon meravkastning för grödorna i växtföljden på grund av vall utöver för grödan som direkt följde efter vallbrott. Växtföljderna var inte heller jämförbara, till exempel ingick höstraps bara i Skåneväxtföljden utan vall. En viktig slutsats är alltså att en klövergräsvall med sin förmåga till hög skörd med måttlig tillförsel av kvävegödsel som dessutom kan leverera kväve till efterföljande gröda är en viktig komponent för lönsam vallodling tillsammans med potentialen till ökade skördar genom hela växtföljden.

Vi har i våra beräkningar inte räknat med vallen som en metod att minska de kostnader som kan uppstå på grund av utveckling av herbicidresistens, eftersom det slår väldigt hårt på beräkningarna och att värdet skiljer mycket från lantbrukare till lantbrukare beroende på problemets storlek. Vallen är då viktig för att motverka och minska kostnaderna av herbicidresistens, eftersom den innebär ett avbrott i herbicidanvändningen och för att den minskar förekomsten av renkavle och andra ettåriga ogräs som behöver bekämpas (Gerhards m.fl., 2016). Gerhards m.fl. (2016) har i modellberäkningar visat att kostnaderna av att införa metoder som förbygger uppkomsten av herbicidresistens är mindre än kostnaderna för att hantera befintlig herbicidresistens. Ökad plöjning, ökad andel vårsådda grödor och senare sådd är andra metoder som minskar risken för problem med renkavle (Lutman m.fl., 2013).

Kollektiva nyttigheter som kan uppkomma när vall odlas är kolinlagring i mark, minskat växtnäringsläckage och ökad mångfald i slättlandskapet. Blommande klöver är en viktig föda för många pollinatörer. Genom att senarelägga slåtter eller putsning på en mindre del av fältet och låta klöverna gå i blom kan födotillgången säkras (Gunnarsson, 2016).

Kolinlagring kan uppvisa stor variation. Björnsson m.fl. (2016) modellerade kolinlagring i växtföljder med och utan vall ett område i Skåne och ett i Västra Götaland. Markens årliga kolförändring när tvåårig vall infördes i växtföljden och rötresten spreds på fältet var i genomsnitt 250 kg per hektar och år i växtföljden i Skåne och 229 kg i växtföljden i Västra Götaland. Den högre kolinlagringen jämfört med den vi utgick från i växtföljden i Uppland (168-212 kg per hektar och år) kan bero på att vi utgick från åkermark med högre ingående kolhalt och något lägre vallskörd.

Vall är ett substrat med potential att användas betydligt mer för biogasproduktion än vad som görs idag och därmed bidra till att fasa ut fossila bränslen. En viktig förklaring varför flerårig vall ses som ett klimatsmart substrat är den kolinlagring i mark som vallen ger upphov till. Den ogödslade klövergräsvallen föll särskilt väl ut i livscykelanalysens miljöbedömning. Trots att en gödslad vall avkastar mindre och därmed ger mindre biogas än en gödslad gräsvall, uppvägdes detta av att mindre mineralkväve behövde tillföras i odlingssystemet. Idag ser vi en ökad efterfrågan på ekologiska produkter. En ökad andel vall i ekologiska växtföljder

där vallen används för biogasproduktion och rötresten sedan återförs till spannmålsgrödor i växtföljden kan bli särskilt intressant eftersom efterfrågan på gödselmedel godkända för ekologisk produktion är stor.

Åkerbaserade bioenergiogrödor kan leda till indirekta effekter när livsmedelsproduktionen trängs undan, s.k. iLUC-effekter. Dessa effekter är dock svåra att kvantifiera. Med sin förmåga till kolinlagring, kväveleverans och genom att höja skörden för andra grödor i växtföljden kan dock vallen motverka dessa negativa effekterna till skillnad från många ettåriga bioenergiogrödor. Hållbarhetskriterier för bioenergiogrödor bör alltså inkludera den positiva effekten i form av kolinlagring och större skördar för övriga grödor som vallen genererar. Risken är annars att en åkerbaserad energiogröda, som vall, får bära den negativa effekten av bortträngning av andra grödor, men inte den positiva nyttan som den bidrar med på det aktuella fältet.

Flerårig vall kan även minska växtnäringsläckaget. I Rosenqvist m.fl. (2015) sattes det ekonomiska värdet av minskat växtnäringsläckage till 150 kr per kg kväve och 1000 kr per kg fosfor baserat på marginalkostnad i reningsverk. På jordar där vallen kan reducera utlakningen med 20 kg N och 0,2 kg P per hektar kan värdet av den minskade utlakning alltså sättas till 3200 kr per hektar vall. Växtnäringsläckaget skiftar dock mycket mellan olika platser. På de uppländska lerjordarna är kväveutlakningen betydligt lägre än i Skåne (Tidåker m.fl., 2016), vilket ger betydligt lägre utlakningsminskningar om vall införs i Uppland. Att värdesätta minskningar i kväveutlakningen blir alltså särskilt intressant i utlakningsbenägna regioner och är ett ytterligare skäl att beakta vall som råvara till biogasanläggningar.

För att det skall vara intressant för lantbrukare att odla vall behöver det finnas ekonomiska incitament genom avsättningsmöjligheter och/eller ersättning som kan styras mot antingen vallodling eller till anläggningar som använder vall.

God tillgång till djur med vallfoderbaserad foderstat är en viktig förutsättning för vallodling. Det finns en potential för svensk mjölk- och nötköttsproduktion att öka vallfoderandelen. Detta förutsätter att vallfodret har ett högt näringsinnehåll och därmed kan ersätta en större andel av kraftfodret eller majsensilaget. Val av uppfödningmodell påverkar mängden vall i foderstaterna för nöt. Till exempel går det åt mer vallfoder per kg kött vid uppfödning av stutar än ungtjurar. Ett ökat intresse för köttkvalitet baserat mer på en uppfödning som premierar långsamt växande djur med hög vallfoderandel går därmed hand i hand med strävan att få in mer vall i växtföljderna. En fortsatt ökad andel invägning av ekologisk mjölk innebär också att mer vall odlas eftersom vallandelen är högre i ekologisk än i konventionell mjölkproduktion.

En större marknadsandel av den svenska konsumtionen av mjölk och nötkött leder också till att efterfrågan på vall i Sverige ökar. Den svenskproducerade andelen av det nötkött som konsumeras i Sverige är endast 52,4 % (Jordbruksverket, 2016c). Denna andel är något högre än bottennoteringen 2013, men lägre än den genomsnittliga andelen de senaste 10 åren. Det finns dock tecken på en ökad investeringsvilja inom specialiserad nötköttsproduktion eftersom antalet förprovningar av dikostallar ökar. Den svenska andelen av konsumtionen av mejerivaror har minskat under en följd av år och var 76,9 % år 2015 (Jordbruksverket, 2016b). Detta kan jämföras med 2006 då den var hela 99,6 %. Det är framförallt import av ost och vassel som stått för den största ökningen. Valet som den svenska konsumenten gör

i kött- och ostdisken får alltså konsekvenser för hur mycket vall som behövs i den svenska foderproduktionen och därmed vilken meravkastning som kan förväntas i övriga grödor i växtföljden.

Utveckling av andra användningsområden för vallfoder än de traditionella skulle skapa förutsättningar för vallodling på större arealer (Bilaga 4). I Danmark pågår projekt som syftar till att ta fram värdekedjor där vallfoder förädlas för kombinerad avsättning till fodermedel för enkelmagade djur och som substrat för energiproduktion. Om man fullt ut vill utnyttja vallens positiva effekter i växtföljden bör lokaliseringen av anläggningar för vidareförädling av vall styras till områden med låg andel vall i växtföljden, dvs. områden som idag inte domineras av mjölk- eller nötköttsproduktion och därmed inte har avsättning för vall. Det finns dock en del utmaningar med dessa koncept som återstår att lösa innan visionerna kan förverkligas. En utmaning är att hitta sätt att utvinna högkvalitativt protein från växtmaterialet som är ekonomiskt konkurrenskraftigt till sojaprotein. En annan utmaning är hur man konverterar restprodukter till en efterfrågad produkt. Det finns också utmaningar i samband med skörd, transport, lagring samt processning av växtmaterialet med dess höga vatteninnehåll. Det kan därför dröja innan denna typ av ”vallraffinaderier” kommer att kunna bli en viktig avsättning för vall. Till dess är det därför viktigt att stimulera till ökad användning av vall inom animalieproduktionen och som biogassubstrat, om vi vill öka vallandelen i spannmålsdominerade växtföljder.

Sammanfattande slutsatser

Nuvarande riktlinjer från Jordbruksverket anger bara meravkastningen för den gröda som direkt följer efter vallen. Vår genomgång av fältförsök visar att vallen har en potential att öka meravkastningen i åtminstone tre efterföljande spannmålsgrödor. Med stöd av dessa studier antog vi att meravkastningen per ha i höstvetete var 800 kg första året efter blandvall, 500 kg andra året samt 300 kg för en spannmålsgröda tredje året efter vall. Den positiva effekten av vall förefaller uppträda redan i första växtföljdsomloppet och ökar sedan inte tydligt över tiden. Det finns naturligtvis stora variationer i tid och rum som gör antaganden om meravkastning osäkra, men att inte alls inkludera vallens positiva effekter på övriga grödor i växtföljden är fel enligt tillgänglig information.

För den enskilde lantbrukaren kan lönsamheten öka när blandvall införs i växtföljden genom en kombination av ökade skördar, lägre kostnader för insatsmedel per ton producerad vara och för att grödor med sämre lönsamhet byts ut mot vall. Vallens produktionskostnad utan växtföljseffekter inräknade var lägst i Skåneväxtföljden och högst i Upplandsväxtföljden. Samtidigt behövdes ett lägre pris på vallen för att uppnå samma lönsamhet i den växtföljd vi antagit i Uppland än den vi antagit i Skåne.

Blandvall var ekonomiskt mindre intressant att införa i Skåne än i Västergötland och Uppland på grund av att vallskörden, i förhållande till andra grödor, är lägre i Skåne, att en hög andel av vallens kostnader är relaterade till skördens storlek och att vi antagit fler tillgängliga avbrottsgrödor i södra Sverige.

Vi antog den mest ensidiga växtföljden i Uppland, vilket gjorde att den positiva effekten av att införa vall blev större än i övriga växtföljder som även inkluderade höstraps och i Skåne också sockerbetor. Blandvall är därför särskilt intressant i

regioner med sämre tillgång till avbrottsgrödor med positiv förfruktseffekt. Vallens positiva inverkan på lönsamheten för övriga grödor innebar att till och med oskördad vall (träda) kan vara ekonomiskt intressant under vissa förutsättningar.

När spannmålsodling kombineras med vall för biogasproduktion kan växtföljden bli nettoleverantör av energi. Vall som biogassubstrat kan vara klimatsmart på flera sätt; fossila bränslen kan ersättas, kolinlagringen ökar och användningen av mineralgödsel kan minska om rötresten återförs till odlingen. Det är dock viktigt att hålla metanutsläppen under processen och hanteringen låga. Klövergräsvallar är särskilt intressanta eftersom de kan göra vallen självförsörjande på kväve, leverera kväve till grödan som följer och dessutom generera en kväverik rötrest som ersätter mineralgödsel. Utsläpp av försurande och övergödande ämnen per ton spannmål ökar dock även om kväveutsläppen per hektar kan minska.

För att öka intresset för vall i slättbygderna behövs avsättningsmöjligheter. En större efterfrågan på vall i mjölk- och nötköttsproduktionen, ökat samarbete mellan djur- och växtodlingsgårdar och vall för produktion av biogas är intressanta möjligheter. På längre sikt kan det bli aktuellt att förädla vallfoder för kombinerad avsättning till fodermedel för enkelmagade djur och som substrat för energiproduktion. Det finns dock många utmaningar i att lösa innan denna typ av ”vallraffinaderier” kan bli verklighet. Till dess är det därför viktigt att stimulera till ökad användning av vall inom animalieproduktionen och som biogassubstrat.

Referenser

Litteratur

Andersson, T.N., Milberg, P. 1996. Weed performance in crop rotations with and without leys and at different nitrogen levels. *Ann. Appl. Biol.* 128, 505-518.

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.

Aronsson, H., Torstensson, G. 2004. Beräkning av olika odlingsåtgärders inverkan på kväveutlakningen. Beskrivning av ett pedagogiskt verktyg för beräkning av kväveutlakning från enskilda fält och gårdar. *Ekohydrologi* 78, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Audsley, E., Brander, M., Chatterton, J., Murphy-Bokern, D., Webster, C., Williams, A. 2009. How low can we go? An assessment of greenhouse gas emissions from the UK food system and the scope to reduce them by 2050. FCRN-WWF-UK.

Avfall Sverige. 2012. Sammanställning av mätningar inom frivilligt åtagande 2007-2012. Avfall Sverige Utveckling U2012:15, Avfall Sverige, Malmö.

Avfall Sverige. 2009. Substrathandbok för biogasproduktion. Avfall Sverige Utveckling U2009:14, Avfall Sverige, Malmö.

Bergkvist, G., Båth, B. 2015. Nitrogen fertiliser dose influence the effect of two year rotational leys with grass or clover/grass on other crops in the rotation. *Aspects of Applied Biology* 128, 133-139.

- Bertilsson, G., Rosenqvist, H., Mattsson, L. 2005. Fosforgödsling och odlings ekonomi med perspektiv på miljömål. Rapport 5518, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Björnsson, L., Prade, T., Lantz, M. 2016. Grass for biogas –Arable land as a carbon sink. An environmental and economic assessment of carbon sequestration in arable land through introduction of grass for biogas production. Energiforsk, Report 2016:280.
- Bolinder, M.A., Kätterer, T., Andrén, O., Ericson, L., Parent, L.-E., Kirchmann, H. 2010. Long-term soil organic carbon and nitrogen dynamics in forage-based crop rotations in Northern Sweden (63-64°N). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 138, 335-342.
- Bolinder, M.A., Kätterer, T., Andrén, O., Parent, L.E. 2012. Estimating carbon inputs to soil in forage-based crop rotations and modeling the effects on soil carbon dynamics in a Swedish long-term field experiment. *Can. J. Soil Sci.* 92, 821-833.
- Brentrup, F., Pallière, C. Energy efficiency and greenhouse gas emissions in European nitrogen fertilizer production and use. *Fertilizers Europe*.
- Börjesson, P., Berglund, M. 2006. Environmental systems analysis of biogas systems - Part I: Fuel-cycle emissions. *Biomass Bioenergy* 30, 469-485.
- Börjesson, P., Tufvesson, L. 2011. Agricultural crop-based biofuels –resource efficiency and environmental performance including direct land use changes. *Journal of Cleaner Production* 19, 108-120.
- Carlgren, K., Mattsson, L. 2001. Swedish Soil Fertility Experiments. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science* 51, 49–76.
- Cederberg, C., Landquist, B., Berglund, M. 2012. Potentialer för jordbruket som kolsänka. SIK-rapport Nr 850, SIK-Institutet för livsmedel och bioteknik.
- Davis, J., Haglund, C. 1999. Life cycle inventory (LCI) of fertilizer production. Fertilizer products used in Sweden and Western Europe. SIK-Report No 654, The Swedish Institute for Food and Biotechnology.
- Delin, S., Stenberg, B., Nyberg, A., Brohede, L. 2012. Potential methods for estimating nitrogen fertilizer value of organic residues. *Soil Use and Management* 28, 283-291.
- de Toro, A., Rosenqvist, H. 2005. Maskinsamverkan – tre fallstudier. Rapport – miljö, teknik och lantbruk 2005:03, Inst. för biometri och teknik, SLU, Uppsala.
- Edström, M., Jansson, L.-E., Lantz, M., Johansson, L.-G., Nordberg, U., Nordberg, Å. 2008. Gårdsbaserad biogasproduktion. System, ekonomi och klimatpåverkan. Rapport 42, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik. Uppsala.
- EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2009. 2009. Technical guidance to prepare national emission inventories. EEA Technical report no 9/2009, European Environment Agency.
- Eriksson, J., Mattsson, L., Söderström, M. 2010. Tillståndet i svensk åkermark och gröda. Data från 2001-2007. Rapport 6349, Naturvårdsverket.

- Flysjö, A., Cederberg, C., Strid, I. 2008. LCA-databas för konventionella fodermedel – miljöpåverkan i samband med produktion. SIK-rapport 772, SIK-Institutet för livsmedel och bioteknik.
- Flysjö, A., Cederberg, C., Henriksson, M., Ledgard, S. 2012. The interaction between milk and beef production and emissions from land use change – critical considerations in life cycle assessment and carbon footprint studies of milk. *Journal of Cleaner Production* 28, 134-142.
- Francis, G.S., Haynes, R.J., Sparling, G.P., Ross, D.J., Williams, P.H. 1992. Nitrogen mineralization, nitrate leaching and crop growth following cultivation of a temporary leguminous pasture in autumn and winter. *Fertiliser Research* 33, 59–70.
- Gerhards, R., Dentler, J., Gutjahr, C., Auburger, S., Bahre, E. 2016. An approach to investigate the costs of herbicide-resistant *Alopecurus myosuroides*. *Weed Research* 56, 407-414.
- Gode, J., Martinsson, F., Hagberg, L., Öman, A., Höglund, J., Palm, D. 2011. Miljöfaktaboken 2011. Uppskattade emissionsfaktorer för bränsle, el, värme och transporter. Värmeforsk.
- Guinée, J.B., Gorrié, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., de Koning, A., van Oers, L., Wegener Sleeswijk, A., Suh, S., Udo de Haes, H.A., de Bruijn, H., van Duin, R., Huijbregts, M.A.J., Lindeijer, E., Roorda, A.A.H., van der Ven, B.L., Weidema, B.P.(Eds.). 2002. *Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Gunnarsson, A. 2010. 45 kilo raps per dygn. *Svensk Raps*, Nr. 7, 10-12.
- Gunnarsson, C., Nilsson-Linde, N., Spörndly, R. 2014. Två, tre eller fyra skördar av vallfoder per år – kostnader och fodervärde till kor. JTI-rapport Lantbruk & Industri nr 419, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Gunnarsson, C., Baky, A., Norberg, I., Wahlberg Roslund, C., Gustavsson A.-M., Palmberg, C. 2015. Rörflen till biogas och strö – Ett innovativt kombisystem i norr. JTI-rapport Lantbruk & Industri nr 436, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik AB, Uppsala.
- Gunnarsson, C. 2016. Vallens bieffekter – möjligheter och kostnader med pollineringsytor i vall och spannmål. JTI-rapport Lantbruk & Industri nr 444, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Halling, M. 2012. Vallväxter till slåtter och bete samt grönfoderväxter. Sortval för södra och mellersta Sverige 2012/2013. *Produktionsekologi*, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Hjort, A., Bigelius, J. 2014, Metanutsläpp från restgas vid uppgradering. SGC rapport 2014:299, SGC Svenskt Gasteknik Center.
- Hjort, A., Tamm, D., Linné, M., Sandberg, A. Metanutsläpp. En kunskapssammanställning om utsläppskällor, läcksökning och miljönytta på biogasanläggningar. Med erfarenheter från Sverige, Danmark, Tyskland och Österrike. Biomil AB.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel*

on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York, NY, pp. 212.

IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., (Eds), IGES, Japan.

Johnsson, H., Larsson, M., Lindsjö, A., Mårtensson, K., Persson, K., Torstensson, G. 2008. Läckage av näringsämnen från svensk åkermark. Beräkningar av normalläckage av kväve och fosfor för 1995 och 2005. Rapport 5823, Naturvårdsverket.

Johnston, A.E., McEwen, J., Lane, P.W., Hewitt, M.V., Poulton, P.R., Yeoman, D.P. 1994. Effects of one to six year old ryegrass-clover leys on soil nitrogen and on subsequent yields and fertilizer nitrogen requirements of the arable sequence winter wheat, potatoes, winter wheat, winter beans (*Vicia faba*) grown on a sandy loam soil. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 122,73–89.

Jordbruksverket. 2014a. Kalkyler för energigrödor, 2014, Jönköping.

Jordbruksverket. 2014b. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2015. Jordbruksinformation 12. Jönköping.

Jordbruksverket. 2015. Kalkyler för energigrödor, 2015, Jönköping.

Jordbruksverket. 2016a. Kalkyler för energigrödor, 2016, Jönköping.

Jordbruksverket, 2016b. Marknadsöversikt – mjölk och mejeriprodukter. Rapport 2016:11.

Jordbruksverket, 2016c. Marknadsrapport nötkött mars 2016.

Kornher, A., Nyström, S. 1974. Växtföljder vid olika driftsinriktningar. Rapporter och avhandlingar 7, Institutionen för växtodling, Lantbrukshögskolan, Uppsala.

Kornher, A. 1982. Vallskördens storlek och kvalitet. Inverkan av valltyp, skördetid och kvävegödsling. Grovfoder, forskning – tillämpning. Rapport 1. Sveriges lantbruksuniversitet.

Kätterer, T., Andrén, O. 2001. The ICBM family of analytically solved models of soil carbon, nitrogen and microbial biomass dynamics – descriptions and application examples. *Ecol. Modelling* 136, 191-207.

Kätterer, T., Bolinder, M.A., Thorvaldsson, G., Kirchmann, H. 2013. Influence of ley-arable systems on soil carbon stocks in Northern Europe and Eastern Canada. The role of grasslands in a green future. *Grassland Science in Europe* vol. 18.

Lal, R. 2010. Beyond Copenhagen: mitigation climate change and achieving food security through soil carbon sequestration. *Food security* 2, 169-177.

Lantz, M., Ekman, A., Börjesson, P. 2009. Systemoptimerad produktion av fordonsgas – En miljö- och energisystemanalys av Söderåsens biogasanläggning, Avdelningen för miljö- och energisystem, Lunds universitet.

Larsson, M., Kyllmar, K., Jonasson, L., Johnsson, H. 2005. Estimating reduction of nitrogen leaching from arable land and the related costs. *AMBIO*. 34(7), 538-543.

- Lindgren, M. 2004. Engine exhaust gas emissions from non-road mobile machinery. Effects of transient load conditions. Doctoral thesis. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Liljestam Carnuto, J. 2011. Energianalys av Svensk Växtkrafts biogasanläggning i Västerås. Examensarbete 2011:11, Institutionen för energi och teknik, SLU.
- Lindén, B. 2008. Efterverkan av olika förfrukter: inverkan på stråsädesgrödors avkastning och kvävetillgång – en litteraturgenomgång. Avdelningen för precisionsodling, SLU.
- Linné, M., Hallmer, M., Truedsson, C., Ekvall, K. 2013, Teknisk beskrivning av biogasanläggning, Bilaga A:2, SYSAV – Sydskånes avfallsaktiebolag.
- Ljungberg, D., Gunnarsson, C., de Toro, A. 2013. Optimerad logistik för biogasproduktion. Rapport Nr 2013:21, f3 Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel, Sverige. Tillgänglig på www.f3centre.se.
- Lutman, P.J.W., Moss, S.R., Cook, S., Welham, S.J. 2013. A review of the effects of crop agronomy on the management of *Alopecurus myosuroides*. Weed Research 53, 299–313.
- Maskinkalkylgruppen & HIR Skåne. 2015. Maskinkostnader 2015. Underlag och kalkylexempel för lantbruksmaskiner, HIR Skåne AB, Bjärred.
- Maskinkalkylgruppen. 2014. Maskinkostnader 2014. Maskinkalkylgruppen och HIR Skåne, Bjärred.
- Oelofse, M., Markussen, B., Knudsen, L., Schelde, K., Olesen, J.E., Stoumann Jensen, L., Bruun, S. 2015. Do soil organic carbon levels affect potential yields and nitrogen use efficiency? An analysis of winter wheat and spring barley field trials. European Journal of Agronomy 66, 62-73.
- Osterburg, B., Röder, N. 2013. Effects of agricultural biogas-production facilities on land use and land-use change in Lower Saxony. In: The Role of Grasslands in a Green Future. Treats and Perspectives in less favoured areas. Grassland Science in Europe. Volume 18, 531-533.
- Petersson, P., Rosenqvist, H., Nilsson, C.-J. 2014. Riskanalys och riskhantering i Växtodlingsföretag - V1146028, Stiftelsen Lantbruksforskning, Stockholm.
- Persson, T., Bergkvist, G., Kätterer, T. 2008. Long-term effects of crop rotations with and without perennial leys on soil carbon stocks and grain yields of winter wheat. Nutrient Cycling in Agroecosystems 81, 193-202.
- Poeplau, C., Bolinder, M.A., Eriksson, J., Lundblad, M., Kätterer, T. 2015. Positive trends in organic carbon storage in Swedish agricultural soils due to unexpected socio-economic drivers. Biogeosciences 12, 3241-3251.
- Powlson, D.S., Whitmore, A.P., Goulding, K.W.T. 2011. Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false. European Journal of Soil Science 62, 42-55.
- Quakernack, R., Pacholski, A., Techow, A., Herrmann, A., Taube, F., Kage, H. 2012. Ammonia volatilization and yield response of energy crops after fertilization with biogas residues in a coastal march of Northern Germany. Agric. Ecosyst. Environ. 160, 66-74.

- Rosenqvist, H. 1997. Salixodling - Kalkylmetoder och lönsamhet. *Silvestria* 24, SLU, Uppsala.
- Rosenqvist, H. 2010. Kalkylmetodik för lönsamhetsjämförelser mellan olika markanvändning. Rapport 1128, Värmeforsk, Stockholm.
- Rosenqvist, H., Nilsson, D., Bernesson, S. 2015. Kostnader och lönsamhet för odling av energigräs på marginell jordbruksmark. Rapport 073, Institutionen för energi och teknik, SLU, Uppsala.
- SCB. 2014. Skörd av spannmål, trindsäd, oljeväxter, potatis och slåttervall 2013. Slutlig statistik. JO 16 SM 1401.
- Smyth, B.M., Murphy, J.D., O'Brien, C.M. 2009. What is the energy balance of grass biomethane in Ireland and other temperate northern European climates? *Renew. Sustain. Energy Rev.* 13, 2349-2360.
- Spörndly, R. 1989. Fodertabeller för idisslare 1989. SLU, Uppsala.
- SOILSERVICE. 2012. Soil service. Conflicting demands of land use, soil biodiversity and the sustainable delivery of ecosystem goods and services in Europe. Final publishable report, April 2012.
- Sørensen, P., Mejnertsen, P., Møller, H.B. 2011. Nitrogen fertilizer value of digestates from anaerobic digestion of animal manures and crops. In: Utilisation of manure and other residues as fertilizers. NJF Seminar 443. Falköping, Sweden, 29-30 November 2011.
- Strid, I., Flysjö, A. 2007. Livscykelanalys (LCA) av ensilage – jämförelse av tornsilo, plansilo och rundbal. MAT 21, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Sundberg, M. 2007. Foderkonservering i slang. JTI informerar nr 116. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Särnholm, M. 2011, Biogasproduktion från vall. Analys av metanpotential samt energi och miljösystemanalys. Examensarbete, LTH Lunds Tekniska Högskola, Lund.
- Tidåker, P., Sundberg, C., Öborn, I., Kätterer, T., Bergkvist, G. 2014. Rotational grass/clover for biogas integrated with grain production – A life cycle perspective. *Agricultural System* 129, 133-141.
- Tidåker, P., Bergkvist, G., Bolinder, M., Eckersten, H., Johnsson, H., Kätterer, T., Weih, M. 2016. Estimating the environmental footprint of barley with improved nitrogen uptake efficiency - a Swedish scenario study. *European Journal of Agronomy* 80, 45-54.
- Turesson, M. 1988. Skördetidens inverkan på vallens avkastning och kvalitet. Grovfoder forskning – tillämpning. Rapport 1. SLU.

Personliga meddelanden

- Halling, M. 2015. Forskningsledare. SLU, Uppsala.
- Sjösvärd, L. 2015. Produktionschef. Swedish Biogas International (SBI).

Bilaga 1

Tabell 1. Försök som inkluderades i sammanställningen för detta projekt.

Författare	Försöksserie	Titel
Larsson m.fl. 2007	L6-560	Odlingssystem för grovfoderproduktion med förbättrad avkastning och produktionsekonomi
Tu vesson, 1986	R6-516	Skördetidsförsök med rödklöver-gräsvall
Tu vesson, 1988	R6-517	Skördetidens inverkan på vallens avkastning och kvalité
Tu vesson m.fl., 2002	4411	Blandvall med olika baljväxtinslag i ekologisk odling
Stenberg m.fl., 2001	R6-441	Vitklöver i tvåskördesystem
Martinsson & Ericson, 2009; Nilsson, 2009		Skördesystem i vall
Wallenhammar m.fl., 2013	R6-457	Uthålliga vallbaljväxter för miljö- och kostnadseffektiv mjölkproduktion
Halling & af Geijerstam, 2010; Andersson & Halling, 2008	L6-4429	Vallfröblandningar i intensiva skördesystem
Svanäng & Frankow-Lindberg, 1994	R6-431	Vitklöver som slätterväxt
Frankow-Lindberg, 2013	R6-5010	Avkastning, kvalitet, uthållighet och ekonomi hos intensivt skördade vallar

Tabell 2. Exempel på försök med blandvall, tre skördar, som ingick i underlaget.

	Avkastning	Energi	Råprotein	Gödsling
	kg ts/ha	MJ/kg ts	g/kg ts	kg N/ha
Svanäng & Frankow-Lindberg, 1994	9774	10,8	153	200
Frankow-Lindberg, 2013	13464	10,6	135	200
Tu vesson, 1986	7633	10,0	164	100
Tu vesson 1988	10643	10,2	125	120
Stenberg m.fl. 2001	9178	10,4	257	100
Martinsson & Ericsson 2009	10991	10,7	154	160
Wallenhammar m.fl., 2013	9223	10,4	156	38

Andersson, P.-A., Halling, M. 2008. Vallfröblandningar i intensiva skördesystem. Försöksrapport 2007 Animaliebältet sid 12-15. Hushållningssällskapet, Halmstad.

Frankow-Lindberg, B. 2013. Intensivt skördade vallar. SLU. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet 66, 37:1–37:5.

Halling M., af Geijerstam, L. 2010. Vallfröblandningar i intensiva skördesystem – Förändringar i artsammansättningen. Försöksrapport 2009 Animaliebältet, 16-21. Hushållningssällskapet, Halmstad

- Larsson, S., Stenberg, M., Gruvaeus, I., Engström, M. 2007. Odlingssystem för grovfoderproduktion med förbättrad avkastning och produktionsekonomi. Rapport 9, Avdelningen för precisionsodling, SLU, Skara.
- Martinsson, K., Ericsson, L. 2009. Skördesystem i vall. Slutrapport för SLF projekt nr H0541203; www.lantbruksforskning.se.
- Nilsson, B. 2009. Skördesystem i vall, skördens storlek och foderkvalitet. SLU, Examensarbete 1:2009. Inst. för norrländsk jordbruksvetenskap, SLU, Umeå.
- Stenberg, M., Nilsson-Linde, N., Tuveesson, M. 2001. Vitklöver i tvåskördesystem. Vallbaljväxter – senaste nytt från odlingsförsök. Seminarium i Uppsala 24–25 oktober 2001. Rapporter från Fältforskningsenheten, 7, 8–16. SLU.
- Svanäng, K., Frankow-Lindberg, B. 1994. Vitklöver som slåtterväxt. Fakta Mark/växter 6, SLU.
- Tuveesson, M. 1986. Skördetidsförsök med rödklöver-gräsvall. Grovfoder, forskning – tillämpning, Rapport 2, SLU.
- Tuveesson, M. 1988. Skördetidens inverkan på vallens avkastning och kvalitet. Grovfoder forskning – tillämpning. Rapport 1, SLU.
- Tuveesson, M., Nilsson-Linde, N., Andersson, P.-A. 2002. Blandvallar med olika baljväxtinslag i ekologisk odling. Rapport från växtodlings- och växtskydds dagar i Växjö den 11 och 12 december, SLU. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet 55, 26:1-12.
- Wallenhammar, A.-C., Nilsson-Linde, N., Jansson, J., Stoltz, E., Bäckström, G. 2013. Uthålliga vallbaljväxter för miljö- och kostnadseffektiv mjölkproduktion Slutrapport för SLF-projekt 0330037 och V0730311. <http://www.lantbruksforskning.se/?id=8746&cid=8941&pid=V0730311&tid>

Bilaga 2. Bekämpningsmedelsanvändning i kalkylerna

Malkorn

Skåne med och utan vall

Ogräs: 12 Express 50 SX, 65 kr + 0,1 liter vätsmedel, 4 kr + 2,4 liter Envision (glyfosat), 125 kr vart femte år + 0,3 liter vätsmedel, 11 kr vart femte år. Summa 96 kr per hektar.

Insekt: 0,15 Marvik 2F, 52 kr. Summa 52 kr per hektar.

Svamp: 0,4 Proline 216 kr + 0,2 Comet Pro, 64 kr. Summa 280 kr per hektar.

Västra Götaland med och utan vall

Ogräs: 12 Express 50 SX, 65 kr + 0,1 liter vätsmedel, 4 kr + 2,4 liter Envision (glyfosat), 125 kr vart femte år + 0,3 liter vätsmedel, 11 kr vart femte år. Summa 96 kr per hektar.

Insekt: 0,15 Marvik 2F, 52 kr. Summa 52 kr per hektar.

Svamp: 0,2 Proline 108 kr + 0,1 Comet Pro, 32 kr. Summa 140 kr per hektar.

Uppland med och utan vall

Ogräs: 12 Express 50 SX, 65 kr + 0,1 liter vätsmedel, 4 kr + 2,4 liter Envision (glyfosat), 125 kr vart femte år + 0,3 liter vätsmedel, 11 kr vart femte år. Summa 96 kr per hektar.

Insekt: 0,15 Marvik 2F, 52 kr. Summa 52 kr per hektar.

Svamp: Ingen

Havre

Västra Götaland med och utan vall

Ogräs: 12 Express 50 SX, 65 kr + 0,1 liter vätsmedel, 4 kr + 2,4 liter Envision (glyfosat), 125 kr vart femte år + 0,3 liter vätsmedel, 11 kr vart femte år. Summa 96 kr per hektar.

Insekt: 0,15 Marvik 2F, 52 kr. Summa 52 kr per hektar.

Svamp: Ingen

Höstvete, bröd (Oberoende om jordbearbetningen var reducerad eller ej)Skåne utan vall

Ogräs: 2 Boxer, 270 kr + 0,1 Diflani, 77 kr (höst) + 12 Express 50 SX, 65 kr + 0,1 liter vätnedel, 4 kr (vår) + 2,4 liter Envision (glyfosat), 125 kr vart femte år + 0,3 liter vätnedel, 11 kr vart femte år. Summa 443 kr per hektar.

Insekt: 0,15 Marvik 2F, 52 kr. Summa 52 kr per hektar.

Svamp: 0,6 Proline 324 kr + 0,2 Comet Pro, 64 kr. Summa 388 kr per hektar.

Skåne med vall

Ogräs: Ogräs: 1,2 liter Baccara 346 kr, kr + 2,4 liter Envision (glyfosat), 125 kr vart femte år + 0,3 liter vätnedel, 11 kr vart femte år. Summa 373 kr per hektar.

Insekt: 0,15 Marvik 2F, 52 kr. Summa 52 kr per hektar.

Svamp: 0,6 Proline 324 kr + 0,2 Comet Pro, 64 kr. Summa 388 kr per hektar.

Västra Götaland utan vall

Ogräs: 2 Boxer, 270 kr + 0,1 Diflani, 77 kr (höst) + 12 Express 50 SX, 65 kr + 0,1 liter vätnedel, 4 kr (vår) + 2,4 liter Envision (glyfosat), 125 kr vart femte år + 0,3 liter vätnedel, 11 kr vart femte år. Summa 443 kr per hektar.

Insekt: 0,15 Marvik 2F, 52 kr. Summa 52 kr per hektar.

Svamp: 0,5 Proline 270 kr + 0,2 Comet Pro, 64 kr. Summa 334 kr per hektar.

Västra Götaland med vall

Ogräs: Ogräs: 1,0 liter Baccara 288 kr, kr + 2,4 liter Envision (glyfosat), 125 kr vart femte år + 0,3 liter vätnedel, 11 kr vart femte år. Summa 315 kr per hektar.

Insekt: 0,15 Marvik 2F, 52 kr. Summa 52 kr per hektar.

Svamp: 0,5 Proline 270 kr + 0,2 Comet Pro, 64 kr. Summa 334 kr per hektar.

Uppland utan vall

Ogräs: 2 Boxer, 270 kr + 0,1 Diflani, 77 kr (höst) + 12 Express 50 SX, 65 kr + 0,1 liter vätnedel, 4 kr (vår) + 2,4 liter Envision (glyfosat), 125 kr vart femte år + 0,3 liter vätnedel, 11 kr vart femte år. Summa 443 kr per hektar.

Insekt: 0,15 Marvik 2F, 52 kr. Summa 52 kr per hektar.

Svamp: 0,4 Proline 216 kr + 0,2 Comet Pro, 64 kr. Summa 280 kr per hektar.

Uppland med vall

Ogräs: Ogräs: 0,8 liter Baccara 257 kr, kr + 2,4 liter Envision (glyfosat), 125 kr vart femte år + 0,3 liter vätnedel, 11 kr vart femte år. Summa 284 kr per hektar.

Insekt: 0,15 Marvik 2F, 52 kr. Summa 52 kr per hektar.

Svamp: 0,4 Proline 216 kr + 0,2 Comet Pro, 64 kr. Summa 280 kr per hektar.

Höstraps

Skåne utan vall

Ogräs: 2,0 liter Butisan Top, 846 kr + 1,5 liter Focus Ultra, 222 kr +2,4 liter Envision (glyfosat), 125 kr vart femte år + 0,3 liter vätmedel, 11 kr vart femte år.
Summa 1095 kr per hektar

Insekt: 0,2 Biscaya, 91 kr + 0,25 Sumialpha, 43 kr. Summa 134 kr per hektar.

Svamp: 0,7 liter Amistar, 269 kr. Summa 269 kr per hektar

Skåne med vall

Ogräs: 2,0 liter Butisan Top, 846 kr + 2,4 liter Envision (glyfosat), 125 kr vart femte år + 0,3 liter vätmedel, 11 kr vart femte år. Summa 1095 kr per hektar

Insekt: 0,2 Biscaya, 91 kr + 0,25 Sumialpha, 43 kr. Summa 134 kr per hektar.

Svamp: 0,7 liter Amistar, 269 kr. Summa 269 kr per hektar

Västra Götaland utan vall

Ogräs: 2,0 liter Butisan Top, 846 kr + 1,5 liter Focus Ultra, 222 kr +2,4 liter Envision (glyfosat), 125 kr vart femte år + 0,3 liter vätmedel, 11 kr vart femte år.
Summa 1095 kr per hektar

Insekt: 0,2 Biscaya, 91 kr + 0,25 Sumialpha, 43 kr. Summa 134 kr per hektar.

Svamp: 0,7 liter Amistar, 269 kr. Summa 269 kr per hektar

Västra Götaland med vall

Ogräs: 2,0 liter Butisan Top, 846 kr + 2,4 liter Envision (glyfosat), 125 kr vart femte år + 0,3 liter vätmedel, 11 kr vart femte år. Summa 1095 kr per hektar

Insekt: 0,2 Biscaya, 91 kr + 0,25 Sumialpha, 43 kr. Summa 134 kr per hektar.

Svamp: 0,7 liter Amistar, 269 kr. Summa 269 kr per hektar

Sockerbeter

Skåne med och utan vall

Ogräs: 3,0 kg Goltix, 795 kr + 1,8 liter Betanal Power, 400 kr + 40 gram Safari, 37 kr + 0,5 liter Superolja, 19 kr +2,4 liter Envision (glyfosat), 125 kr vart femte år + 0,3 liter vätmedel, 11 kr vart femte år. Summa 1278 kr per hektar.

Insekt: 0,35 kg Karate, 61 kr. Summa 61 kr per hektar.

Svamp: 0,5 liter Comet Pro, 160 kr. Summa 160 kr per hektar.

Vall

Ogräspreparat; 2,4 liter Envision (glyfosat), 125 kr vart femte år + 0,3 liter vätmedel, 11 kr vart femte år.

Svamp; Ingen bekämpning

Insekter; Ingen bekämpning

Bilaga 3. Hanteringskedja för vallfoder

Skörd av vall sker genom att vallen slås med en slåtterkross och stränglägggs. Uppsamling av vall sker med självgående fälthack. Vallen transporteras i lös form i tippvagn som dras av traktor. Data för maskiners effektbehov och kapacitet är hämtad från Maskinkalkylgruppen (2015). I de fall redskapen dras av en traktor anges effektbehovet för den storlek på traktor som rekommenderas. Bränsleförbrukningen anges som liter diesel per timme och avser traktorns genomsnittliga förbrukning för en mängd olika arbeten.

Slåtterkrossen har 9 m arbetsbredd och är tredelad med sidoelevator. Kapaciteten är 6,0 ha/ timme och effektbehovet är 170 kW och dieselförbrukningen är 26 l/ timme

Strängläggaren är en rotorsträngläggare 12-15 m, mittläggande. Kapaciteten är 8,0 ha/ timme och effektbehovet är 110 kW med dieselförbrukningen 17 l/ timme

Fälthacken är en självgående hackmaskin med effekten 370 kW och kapaciteten 5,0 ha/ timme. Bränsleförbrukningen är 63 liter diesel/ timme

Traktor och tippvagn: Ensilaget transporteras löst i tippvagn med lastvolymen 40 m³. Ensilagets densitet i lös vikt antas till 90 kg ts/m³ vilket ger att 3,6 ton ts kan lastas på vagnen. Torrsubstanshalten antas till 35 % vilket ger en lastvikt på 10,3 ton våtvikt. Transportavståndet mellan lager och fält är antagen till 10 km enkel väg. Hastigheten på landsväg olastad antas till 35 km/h och hastigheten lastad till 30 km/h. Traktorns storlek vid transport är satt till 100 kW. En traktor med effekten 100 kW förbrukar i medeltal, sett över ett år med olika användning, 14 l diesel per timme (Maskinkalkylgruppen, 2016). Med dessa förutsättningar beräknas bränsleförbrukningen till 0,433 l diesel/ km. Tiden att lasta och att transportera på fältet är 0,15 h per lass enligt det beräkningsunderlag som används av Gunnarsson m.fl. (2015). Det tillkommer därför en bränsleförbrukning ute på fält på 2,1 l diesel per lass.

Slanginläggaren är en självgående maskin med effekten 270 kW och en dieselförbrukning på 27 liter diesel per timme.

Bilaga 4. Vidareförädling av vall genom fraktionering och torkning

Fraktionering av växtmaterial från vall

Idéer om att kunna utvinna ekonomiskt mer högvärdiga produkter från växtmaterial har funnits länge. Experiment med fraktionering av växtmaterial initierades redan på 1930-talet, framför allt i Storbritannien. Det främsta syftet var då att utvinna proteinet i växtsaften för användning till både human konsumtion och som djurfoder. En genomgång av teknik för fraktionering och användningsområden för de produkter som erhålls finns beskrivet i en rapport av Sundberg (1991).

Fraktioneringen av det färska växtmaterialet i en fast och en flytande fas (presskaka resp. grönsaft) sker genom någon form av pressning, ofta föregått av en mekanisk sönderdelning. Hur stor andel grönsaft som kan utvinnas beror på flera faktorer såsom presstid, grönmassans sönderdelningsgrad, presstryck och skiktjocklek, i denna rangordning, enligt Gu m.fl. (1982). Enligt Sundberg (1991) kan man som ett riktvärde räkna med att erhållen mängd grönsaft utgör ca hälften av det ingående växtmaterialets vikt. Vid torrsubstanshalter över 20 % sjunker dock utbytet ganska snabbt. Hur mycket av växtmaterialets proteininnehåll som återfinns i grönsaften varierar mycket beroende på vilken typ av växtmaterial och processteknik som används. Nørgaard Pedersen m.fl. (1984) menar att mellan 15 och 40 % av råproteinet i den färska grödan återfinns i grönsaften. Proteindelen i grönsaften kan avskiljas genom koagulering, antingen genom upphettning eller genom sänkning av pH-värdet.

Presskakan har oftast ett vatteninnehåll på mellan 25 och 35 %. I den tidiga litteraturen diskuteras endast presskakans användning som foder till idisslare, antingen i färsk, torkad eller i ensilerad form. På senare år har dock även möjligheten att använda den som substrat i biogasanläggningar kommit på tal.

I Frankrike finns företaget Désialis som bl. a. torkar olika produkter från lantbruket för foderändamål. Råvaror som torkas är bl. a. biprodukter från druvor, spannmålsrestprodukter från destillerier, betmassa och lusern (Désialis, 2015). En av produktgrupperna som företaget producerar är ”concentrated alfalfa extract (CAE)”, vilket är ett bladnäringskoncentrat från lusern. Désialis har tre produkter med CAE. Dessa tre produkter vänder sig till olika djurslag; nötkreatur, får, getter, grisar, höns, kaniner och sällskapsdjur.

I Danmark pågår sedan 2014 projektet ”OrganoFinery”. Projektet ska pågå till 2017 och syftar till att utveckla ett koncept för ett bioraffinaderi, där vallfoder ska utgöra basen för produktion av djurfoder, gödselmedel och energi (<http://icofos.dk/forskning/dansk-forskning/organic-rdd-2/organofinery/>). Målen är att tillhandahålla ett ekologiskt proteinfoder till enkelmagade djur, bättre och robustare växtföljder i områden med få djur, bättre utnyttjande av näringsämnen, högre utbyte samt en starkare klimatprofil.

Ett flertal aktiviteter ingår i projektet:

- Att identifiera de bäst lämpade växtmaterialen för bioraffinaderi genom odlingsförsök.
- Skörd och utvinning av proteinkoncentrat genom mjölksyrajäsning och mekanisk separation.
- Produktion och utvärdering av proteinrikt ekologiskt foder till fjäderfä.
- Användning av presskakan i biogasanläggning för produktion av biogas och ekologiska gödselmedel.
- Utveckling av affärsmodeller för ekologiskt proteinfoder och presskaka till biogas.
- Optimera systemet och värdera potentialerna för uppskalning och samhällsnytta.

Sommaren 2016 pressades inom ramen för projektet 200 ton grönmassa i en stor skruvpress (Fog, 2016a). Grönsaften syrades direkt med mjölksyrabakterier, varefter den centrifugerades. Koncentratet torkades och ska efter analys användas i utfodringsförsök till värphöns. Presskakan ensilerades och kommer att utvärderas som foder till kor. Förutom dessa utfodringsförsök kommer man i det fortsatta projektarbetet att genomföra fältförsök för att bestämma grödornas utbytespotential; marknadsanalys för ekologiskt foder från klöverprotein samt ekonomiska beräkningar på gårds- och sektorsnivå (Fog, 2016b; Lübeck, 2016).

Det pågår även andra verksamheter i Danmark som rör grön biomassa och fraktionering. Projektet MultiPlant syftar till att utveckla system som producerar stora mängder biomassa per arealenhet, för användning till energi, protein till enkelmagade djur och/eller grovfoder (<http://icrofs.dk/forskning/dansk-forskning/organic-rdd-2/multiplant/>). En av aktiviteterna i projektet handlar specifikt om att utveckla och optimera raffineringen av foderprotein. I Danmark finns också en forsknings- och innovationsplattform, BioValue SPIR, bestående av 15 offentliga och privata partners (Det Nationale Bioøkonomipanel, 2015; <http://biovalue.dk/>). BioValue omfattar sex innovationsprojekt, varav ett fokuserar på att ur grön biomassa separera ut proteiner för att ersätta importerad soja.

Man ser dock i Danmark en del utmaningar med konceptet som återstår att lösa innan potentialerna med grön biomassa kan förverkligas (Termansen m.fl., 2016). Den främsta utmaningen är att hitta sätt att utvinna protein från växtmaterialet som är konkurrenskraftig till sojaprotein, både när det gäller pris och kvalitet. En annan utmaning är hur man konverterar restprodukter till en efterfrågad produkt. Slutligen finns det flera utmaningar i samband med skörd, transport, lagring samt processning av växtmaterialet. Särskilt utgör det stora vatteninnehållet i färsk grönmassa en utmaning.

Hetluftstorkning av vallfoder

Tidigare fanns ett antal vallfodertorkar i Sverige och en marknad för vallfoderpellets. De flesta av dessa företag har upphört med torkning och brikettering av vallfoder. En viktig orsak till att de upphörde var högre energikostnader efter den så kallade oljekrisen år 1973 som drastiskt försämrade lönsamheten för vallfodertorkarna. Bobergs valltork i Östergötland har dock fortsatt sin verksamhet med torkning av vallfoder.

Om det skulle drivas en vallfodertork idag, skulle gissningsvis inte fossil olja utgöra den huvudsakliga energin. Av tillgängliga fossila bränslen är troligen naturgas det intressantaste alternativet. Med spillvärme, alternativt bioenergi skulle energikostnader bli mindre beroende av oljepriserna. Bioenergielddade kraftvärmeverk skulle kunna kombinera torkning av vallfoderpellets med produktion av el och värme. Till rätt pris finns förmodligen framtida avsättningsmöjligheter. En fördel med vallfoderpellets är att odling och animalieproduktion kan vara olika geografiskt placerade. Vallfoderpellets har ett tillräckligt högt ekonomiskt värde för att de skall kunna transporteras ett antal mil.

Enligt fodermatrix för foderblandning till kor i Nilsson och Rosenqvist (1989) innehåller grönmjöl av hetluftstorkad vall 34 % mindre energi per kg än korn. Däremot innehåller grönmjöl 69 % mer protein än korn. Det är alltså framförallt proteinfodermedel som grönmjöl kan ersätta. Med ökad produktion av grönmjöl från vallfodertorkar kan importen av soja minskas. Enligt Nilsson och Rosenqvist (1989) var priset 1988 för grönmjöl 182 kr per dt, för korn 130 kr per dt och för soja 280 kr per dt. Detta innebär att grönmjölpriset vid denna tidpunkt var 40 % högre än för korn och 35 % lägre för grönmjöl än för soja.

Referenser

- Det Nationale Bioøkonomipanel. 2015. Grøn biomasse i Danmark. Udpluk af casebeskrivelser for bioøkonomi i Danmark, baseret på grøn biomasse.
- Fog, E. 2016a. Proteinudvinding fra græs er tættere på at kunne realiseres. Økologi & Erhverv nr. 594. <http://okologi.dk/oekologi-og-erhverv/nyheder/2016/08/oekologi-forskning-oekologi-erhverv-nr-594>
- Fog, E. 2016b. Skitse til økologisk demonstrationsanlæg. Presentation vid Workshop om bioraffinering, NaturErhvervstyrelsen 22 januari 2016.
- Gu Lu-Ping, Straub, R.J., Koegel, R.G. 1982. Juice expression from deep-mat macerated alfalfa. ASAE Paper No. 82-1535.
- Lübeck, M. 2016. Fra grønne afgrøder til protein, energi og gødning. Presentation vid Workshop om bæredygtigt foderprotein fra lokaltproducerede grønne biomasser, Forskningscenter Foulum 26 maj 2016.
- Nilsson, H., Rosenqvist, H. 1989 Marknad och ekonomiska förutsättningar för våtfraktionering av bladrik massa. Examensarbete - Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Ekonomi, nr 33, SLU, Uppsala.
- Nørgaard Pedersen, E.J., Witt, N., Mortensen, J. 1984. Fraktionering af grønafgrøder ved udpresning af saft og konservering af pressede afgrøder og saft. III. Relationen mellem afgrødens og saftens kemiske sammensætning. Tidsskr. planteavl. 88, 25-36.
- Sundberg, M. 1991. Mekanisk avvattning av vallfoder. En litteraturöversikt. JTI-rapport 134. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.
- Termansen, M., Gylling, M., Jørgensen, U., Hermansen, J. m.fl. 2016. Green Biomass, DCA rapport nr. 73, Aarhus Universitet, Danmark.

JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Vi är ett tekniskt jordbruksinstitut med tydlig miljö- och energiprofil. Institutets fokus ligger på innovation och utveckling i nära samarbete med företag, organisationer och myndigheter.

På vår webbplats publiceras regelbundet notiser om aktuell forskning och utveckling vid JTI. Gratis mejlutskick av JTI:s nyhetsnotiser kan beställas på www.jti.se

På webbplatsen finns publikationer som kan läsas och laddas hem gratis. Se www.jti.se under fliken Publicerat.

Vissa publikationer kan beställas i tryckt form. För trycksaksbeställningar, kontakta oss på tfn 010-516 69 00, e-post: info@jti.se



JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik
Box 7033, 750 07 Uppsala
Telefon: 010-516 69 00, Telefax: 018-30 09 56
E-post: info@jti.se
www.jti.se