

Energieffektivisering av jordbrukets logistik

– pilotprojekt för att undersöka potentialer

Jonas Engström, Carina Gunnarsson,
Andras Baky, Erik Sindhøj, Jan Eksvärd,
Jon Orvendal, Niclas Sjöholm

Energieffektivisering av jordbrukets logistik

– pilotprojekt för att undersöka potentialer

Increasing the effectiveness of agricultural logistics
– a case-study project of evaluating potential effects of
various strategies

Jonas Engström, Carina Gunnarsson, Andras Baky, Erik Sindhøj,
Jan Eksvärd, Jon Orvendal, Niclas Sjöholm

En referens till denna rapport kan skrivas på följande sätt:

Engström, J. m.fl. 2015. Energieffektivisering av jordbrukets logistik – pilotprojekt för att undersöka potentialer. Rapport 441, Lantbruk & Industri. JTI – Institutet för jordbruks- och miljö teknik, Uppsala

A reference to this report can be written in the following manner:

Engström, J. et al. 2015. Increasing the effectiveness of agricultural logistics – a case-study project of evaluating potential effects of various strategies. Report 441, Agriculture & Industry. JTI – Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering. Uppsala, Sweden

Innehåll

Förord.....	7
Sammanfattning	9
Summary.....	11
1 Bakgrund	13
1.1 Syfte och mål	15
2 Metod	15
2.1 Uppskattning av transportarbete inom svenskt jordbruk.....	15
2.2 Kartläggning gårdar	15
2.3 Systemgränser och nyckeltal	16
2.4 Transportavstånd och transporttid	16
2.5 Beräkning av bränsleförbrukning	16
2.6 Beräkning av kostnader	17
2.7 Beräkning av koldioxidutsläpp.....	17
2.8 Analys av möjliga förändringar	17
2.8.1 Gårdsanalys av transportkostnader och bränsleförbrukning	17
2.8.2 Separering av flytgödsel.....	18
2.8.3 Test av transportplaneringsverktyg	19
2.8.4 Skiftning av åkermark	19
2.8.5 Transporteffektivitet för olika fordon	20
2.8.6 Transportavståndets påverkan på lönsamheten för olika grödor..	20
3 Gårdsbeskrivningar	22
3.1 Gårdsbeskrivning Kyrkeby Egendom	22
3.1.1 Sådd och skörd	23
3.1.2 Gödsling	23
3.1.3 Möjliga förändringar	23
3.2 Gårdsbeskrivning Lillvreta gård.....	24
3.2.1 Sådd och skörd	25
3.2.2 Gödsling	26
3.2.3 Möjliga förändringar	26
3.3 Gårdsbeskrivning Vallens gård	26
3.3.1 Vallskörden	27
3.3.2 Spannmålsskörd	28
3.3.3 Gödsling	28
3.3.4 Inomgårdslogistik.....	28
3.3.5 Möjliga förändringar	28
3.4 Gårdsbeskrivning Ola Gård	29
3.4.1 Vallskörd	30
3.4.2 Spannmålsskörd	30

3.4.3	Gödsling	31
3.4.4	Inomgårdslogistik.....	31
3.4.5	Möjliga förändringar	31
4	Resultat.....	32
4.1	Uppskattning av transportarbete inom svenskt jordbruk.....	32
4.2	Analys av gårdarnas transportarbete	33
4.2.1	Kyrkeby.....	33
4.2.2	Lillvreta gård.....	35
4.2.3	Vallens gård	37
4.2.4	Ola gård.....	40
4.3	Separering av flytgödsel	43
4.4	Användning av transportplaneringsverktyg	45
4.5	Skiftning av åkermark	49
4.6	Transportavståndets påverkan på lönsamheten för olika grödor	54
4.7	Transporteffektivitet för olika fordon.....	56
5	Seminarium i projektet	58
5.1	Samtal om mål, drivkrafter, utmaningar och lösningar för gårdarna ..	59
5.2	Inspirationsföreläsning om skogsbrukets logistikeffektivisering	59
6	Diskussion	61
6.1	Nationella transporter	61
6.2	Transportkostnader och bränsleförbrukning för studerade gårdarna...	61
6.3	Separering av flytgödsel	62
6.4	Skiftning av åkermark	63
6.5	Transporteffektivitet för olika fordon.....	64
6.6	Odlingsstrategier som effektiviserar transportererna	64
6.7	Effektiviseringspotential för transporter inom jordbruket i Sverige ...	66
6.7.1	Transporter till och från gård	67
6.7.2	Transporter mellan fält och gården och mellan gårdar	67
6.7.3	Slutsatser effektiviseringspotential nationellt	68
6.8	Spridning av kunskap	68
6.9	Fortsatt forskning.....	69
6.9.1	Fördjupade beräkningar	69
6.9.2	Simuleringsverktyg för gårdslogistik.....	69
6.9.3	Gödselhantering	70
6.9.4	Management.....	70
6.9.5	Skiftning av åkermark	71
6.9.6	Benchmarking	71
7	Referenser.....	72
	Bilaga 1. Metod för beräkningarna	75

Bilaga 2. Beräkningar gårdarna	76
Bilaga 3. Uppskattning av transportarbete inom svenskt jordbruk.....	83
Inledning.....	83
Beräkningsgång.....	83
Allmänna indata för beräkningar.....	84
Beräkning av energianvändning	84
Beräkning av klimatpåverkan	84
Beräkning av transportkostnader	84
Beräkning av transportavstånd	85
Beräkning av energiåtgång, klimatpåverkan och kostnader för transporter....	86
Transporter till och från gårdar.....	86
Transporter inom och mellan gårdar	89
Resultat.....	92
Transport till och från gård.....	92
Transporter inom och mellan gårdar	92
Sammanställning av resultat.....	95
Bilaga 4. Transportkostnadens påverkan på lönsamheten för olika grödor.....	96
Bilaga 5. Transporteffektivitet för olika fordon.....	99

Förord

I jordbruket är transporter centrala eftersom det som odlats på åkrarna ska transporteras därifrån samtidigt som gödsel och andra insatsprodukter ska transporteras till åkermarken. Därtill kommer transporter av det som djuren producerat. Nästan alla transporter sker med traktor och vagn eller lastbil, och beroende på hur de organiseras och utförs kan det ske olika effektivt. Det går också att påverka hur mycket som transporteras genom att välja olika strategier för odling, lagring och användning.

Projektet, som genomfördes mellan oktober 2014 och december 2015, syftar till att belysa vilka möjligheter till energieffektivisering som finns i jordbrukets transporter.

JTI har varit projektledare i projektet och LRF och Lantmännen VäxtRåd har deltagit i arbetet.

Vi vill tacka de fyra gårdar som deltagit i kartläggningen och även Transvision som tillhandahållit programvara för test av transportplaneringsverktyg.

Projektet har finansierats av Energimyndigheten i programmet Energieffektivisering i transportsektorn samt av LRF och JTI.

Uppsala i december 2015

Anders Hartman

VD för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Sammanfattning

De områden inom jordbrukets logistik som studien undersökt och bedömt som intressantast att fortsätta utveckla för att öka effektiviteten är:

- Vidare undersöka hur olika fordon påverkar transporteffektiviteten på gårdsnivå. T ex snabbgående traktorer, större traktorvagnar, HCT-lastbilar. Genom att välja rätt fordon kan lantbrukaren i många fall spara i storleksordningen 50% av energiåtgången, och samtidigt minska kostnaderna.
- Metoder och verktyg som hjälper lantbrukaren att dimensionera effektiva transportkedjor, placering av lager och beräkna utfall av ändrade lagrings- och odlingsstrategier.
- Hur skulle skiftning av åkermark kunna göras idag på ett realistiskt och effektivt sätt? Skiftning av åkermark har stora effekter på resursåtgång för transporter, särskilt med tanke på det sätt stora gårdar växer idag, men är mycket komplicerat att genomföra i praktiken. En utvärdering av möjligheter och potentialer för större antal gårdar behövs. För de kartlagda gårdarna (med ett undantag) var minskningen av kostnader, klimatutsläpp och dieselåtgång 50-70%.
- Metoder och verktyg för att ta fram nyckeltal på gårdsnivå som beskriver relevanta delar av logistikarbetet på ett sätt som gör att det möjligt och meningsfullt att använda det för benchmarking mot andra gårdar och därmed sporra till förändring och effektivisering.

Jordbruket använder totalt per år 269 000 m³ diesel som drivmedel. Av detta uppskattades i denna studie att transporter till och från jordbruket samt mellan och inom gårdar förbrukar i storleksordningen 52 000 m³ diesel varje år, vilket motsvarar 509 GWh och ger en klimatpåverkan på 145 000 ton CO_{2e}ekvivalenter.

Om transportarbetet skulle kunna effektiviseras med 25%, som inte är orimligt enligt studien, skulle det innebära besparingar på i storleksordningen 130 GWh energi, 36 000 ton CO_{2e} klimatpåverkande utsläpp och 870 Mkr i kostnader för jordbrukets logistik.

I jordbruket är transporter centrala för verksamheten. Nästan alla transporter sker med traktor eller lastbil och beroende på hur de utförs kan det ske olika effektivt. Det går också att påverka hur mycket som transporteras genom att välja olika strategier för odling, lagring och användning. Transporter sker av gods, utrustning och förnödenheter till gårdar från olika leverantörer. Djur och skördade produkter transporteras från gården för vidare förädling eller till andra gårdar. Inom gården transporteras maskiner, utrustning och förnödenheter till och från fält. Skörd transporteras från fält till gård och gödsel transporteras i omvänd riktning.

Utvecklingen inom det svenska jordbruket präglas av stark strukturrationalisering där gårdarna växer och blir färre. Om expansionen sker snabbare än ledig mark i närheten blir tillgänglig blir resultatet längre transporter till och från åker. Så ser verklighet ut för de gårdar som studerats i detta projekt. Gårdarna var mjölkgårdarna Vallens gård utanför Ljusdal och Ola gård utanför Uppsala, samt spannmålsgårdarna Kyrkeby Egendom utanför Örebro och Lillvreta gård utanför Uppsala. Det övergripande syftet med projektet var att minska energiåtgång och

klimatpåverkan och förbättra lönsamheten i den svenska lantbruksnäringen genom att effektivisera logistiken.

Kartläggningen avgränsades till de största transportflödena som är spannmåls-skörden på spannmålgårdarna respektive ensilageskörd och flytgödsel på mjölk-gårdarna. Gårdarnas areal delades in i kluster och med hjälp av GIS-analys beräknades verkligt transportavstånd och transporttid från varje kluster till lager på brukningscentrum för mjölkgårdarna och till mottagningsanläggning för spannmålgårdarna. Transportkostnader och dieselförbrukning per hektar beräknades för transport med traktor och lastbil. Möjligheter att minska transportbehovet analyserades genom avvattning av flytgödsel (s.k. separering) samt skiftning av åkermark. Dessutom testades transportplaneringsverktyg som används i transportnäringen för planering eller simulering av jordbrukstransporter på gårdsnivå.

De simuleringar som gjordes visar att för de kartlagda gårdarnas transporter var i många fall dieselförbrukning, klimatpåverkan och kostnader lägre med lastbil än med traktor, särskilt på längre avstånd. Att köra spannmål direkt från fält till mottagningsanläggning och därigenom undvika den extra hantering som mellanlagringen innebär ger lägre kostnader speciellt när skillnaden i transportavstånd via mellanlager jämfört med direkttransport är stort. För transport av vall på de två studerade mjölkgårdarna var traktor billigare än lastbil för klustren närmast brukningscentrum inom ca 10 km transportavstånd. Transport med traktor är jämfört med lastbilstransport ekonomiskt intressant på längre transportavstånd för grödor jämfört med för gödsel. Dieselförbrukningen är alltid lägre per hektar för lastbilstransport jämfört med traktortransport. Genom att välja lastbilstransport istället för traktortransport kan dieselåtgången minska med 47-65%. För mjölk-gårdarna beräknades även totala kostnaderna om det billigaste alternativet av transport med traktor eller lastbil användes. Detta sänkte totala kostnaderna ytterligare jämfört med att endast välja lastbilstransporter. Detta ökade dock den totala dieselförbrukningen. Jämfört med lastbilstransport via mellanlager kunde spannmålgårdarna sänka kostnaderna ytterligare genom att köra spannmål direkt från fält till mottagningsanläggning och därigenom undvika den extra hantering som mellanlagringen innebär.

Tre olika metoder för separering av flytgödsel simulerades för Vallens gård: mekanisk separering med skruvpress, mekanisk separering med centrifug och mekanisk-kemisk separering. Alla tre metoder ledde till kostnadsbesparingar för transport och spridning jämfört med ingen separering. Störst var besparingarna för centrifug och mekanisk-kemisk separering pga. högre fosforsepareringseffekt, vilket innebär att givan blir högre och gödseln kan spridas närmare gårdscentrum.

Om åkermarken på de kartlagda gårdarna kunde skiftas det vill säga att gårdarna tilldelades den åkermark som är närmast gården istället för den mark de brukar idag, skulle det ha stora effekter på gårdarnas transportarbete. Med undantag för Lillvreta gård, är potentialen för minskning av transportkostnader genom skiftning av åkermark 60-70 % och potentialen till minskning av dieselförbrukning för transporter i 50-70 %.

Summary

The most important topics studied in the study to develop further are:

- Tools and methods to optimize on-farm supply chains
- Further investigate impact on logistics efficiency by using different vehicles
- Investigate how consolidation of farmland could be done today
- Tools and methods for calculating key-figures that can be used for benchmarking

The total amount of fuel used by the agricultural sector in Sweden is about 269,000 m³ of diesel. Of this, we estimated that transport to and from farms as well as within-farm transport consumes approximately 52,000 m³ of diesel annually, which is equivalent to 509 GWh with a climate impact of 145,000 tonnes of CO₂ equivalents.

If the farm logistics efficiency in Sweden could be improved by 25 %, which is not unrealistic according to the study, it would mean savings of 130 GWh of energy, 36,000 tonnes of CO₂ equivalents and 870 MSEK in costs for farm logistics in Sweden.

Agriculture is a highly transport-dependent sector of society. Transportation is necessary for the movement of equipment, supplies and goods to farms from different vendors, and within farms for production. Animals or milk and harvested products are transported from the farm for further processing or sales. Within the farm, machinery, equipment and supplies are transported to and from the field to various on-farm storage areas. Harvests are transported from the field to the farm while manure is transported in the reverse direction.

Farm size and area of cultivation per farm is increasing in Swedish agriculture. When the expansion occurs faster than land nearby becomes available, the result is longer journeys to and from the field. This was the situation for the four farms in this study including two dairy farms and two crop farms. The overall aim of the project was to find potential solutions to reduce energy consumption and climate impact and improve profitability in the Swedish agricultural industry by streamlining logistics.

The study is limited to the largest transport flows which include grain harvest on crop farms and silage harvest and manure handling on dairy farms. Each farm's cultivation area was divided into clusters for calculating transport distance and time from each cluster to the farm center for dairy farms and to the reception center for cereal farms. Transportation and diesel consumption per hectare was calculated for both tractor and truck based transport scenarios. Opportunities to reduce the need for transport were analyzed using three scenarios for separating slurry manure and for consolidating cropland. A transport planning tool commonly used in the transportation sector was tested for transport planning on the farm-level under various scenarios.

On longer distances transport costs for farms were lower with trucks than tractors. Diesel consumption, and also climate impact, was always lower per hectare for

truck transport compared to tractor transportation, however since truck transport in many cases included double loading and unloading it was not always the most economical solution. Transport related to silage production on the two dairy farms was cheaper for tractors than trucks when the transport distance was less than 10 km. However, transport of manure was economical for trucks already at 3 km, largely due to the large volumes of slurry containing mostly water which is expensive to transport. By solely transporting with trucks instead of tractors, diesel consumption was reduced by 47-65%. Driving grain directly to the receiving facility from the fields, instead of via intermediate on-farm storage, lowered costs but not only when the direct transport distance was greater. This was due to direct transport avoids the costs for extra loading and unloading.

All methods of separation lead to reduced transportation and spreading costs of manure. However, the savings was largest for separation techniques that were able to separate a portion of the phosphorus to the solid fraction and thereby decreasing the phosphorus concentration in the liquid fraction. Centrifuge and chemical/mechanical separation reduced transport and spreading costs by 30-50%. This was achieved by allowing a greater portion of the liquid slurry to be spread on fields close to the farm center. Consolidating arable land on farms to the equivalent area but available fields that are closest to the current farm center also had a major impact on farm transport costs. With the exception of one farm, there was a 60-70% potential for reduction in transport costs and a 50-70% potential for reduction of diesel consumption.

1 Bakgrund

Den svenska ambitionen är att bli ett av de första välfärdsländerna i världen som är fossilfritt. Utredningen En Fossiloberoende fordonsflotta (SoU 2013:84) anger att bland annat för tyngre lastbilstransporter kommer dieselmotorn att dominera även år 2050, men att de fossila drivmedlen kommer att ha helt ersatts av förnybara biodrivmedel. Jordbrukets utsläpp av växthusgaser i Sverige domineras av lustgas från mark och metan från idisslande djur (Naturvårdsverket, 2015). Användningen av fossil energi sker i form av diesel (258 600 m³) och eldningsolja (46 900 m³), samt en del naturgas och gasol (Energimyndigheten, 2014). Användningen av fossil diesel och eldningsolja leder till utsläpp av 855 000 ton koldioxid eller 10 % av jordbrukets utsläpp av växthusgaser. I övriga samhället svarar användningen av fossil energi för 85 % av de 54,4 miljoner ton växthusgaser som släpps ut inom svenskt territorium med ändrad markanvändning oräknad (Naturvårdsverket, 2015).

Mängden drivmedel som jordbruket använder per år till all sin verksamhet är ca 269 000 m³ diesel samt en mindre mängd bensin och andra drivmedel (Energimyndigheten, 2014). Av denna mängd diesel används i storleksordningen 1,5 TWh, ca 160 000 m³ diesel, vid odling och skörd. Detta inkluderar transporten av redskap och maskiner till och från fält (Energimyndigheten, 2010). I siffran ingår förutom fältarbeten, skörd och transporter till och från fält även dieselförbrukning som kan härledas till jordbrukets kombinationsverksamheter, exempelvis snöröjning och skogsarbete. Andra studier som IVA (2014) uppskattar jordbrukets energianvändning vid transportarbete till 1 TWh (drygt 100 000 m³). Jordbruksverket (www.jordbruksverket.se) anger dieselförbrukningen vid transport till 153 000 m³, siffran gäller för sektorn jordbruk och fiske.

Kostnaden för fossil diesel och eldningsolja i jordbruket är cirka 2,5 miljarder kr eller 5 – 6 % av jordbrukets samlade kostnader. Ungefär 60 % av dieselpriiset vid pumpen är energi-, koldioxidskatt och moms (SPBI, 2015). För hela landet ger det 70-80 miljarder kr per år. Detta är en avsevärd skatteintäkt för samhället och drivmedel som skattebas kommer sannolikt att vara viktig även kommande decennier. Utredningen om en fossiloberoende fordonsflotta visar i sina scenarier att transporterna bör bli ca 50 % effektivare till år 2050. Effektiviseringar och önskad styrning mot effektivare distribution kan motivera ett relativt sett högre pris för att behålla skatteintäkten. Utredningen antar att fossila drivmedel helt kommer att fasas ut till 2050. Kostnaden för att tillverka förnybara drivmedel är det dubbla eller tredubbla mot dagens råoljepriser under 50 USD/fat och beräknas ligga mellan 7 och 10 kr per liter beroende på typ av bränsle och skala. Om skatteintäkten per liter för drivmedel ska behållas innebär det ett pris vid pump strax under 20 kr/liter och kanske något högre för att driva mot fortsatt effektivitet.

År 2013 brukade i Sverige cirka 66 000 jordbruksbruksföretag ungefär 2,6 miljoner hektar åkermark (Jordbruksverket, 2015). Gårdarna är utspridda över hela landet, men mer än 90 % av produktionen skedde i Götaland och Svealand.

De största mängderna som transporteras till gårdarna är inköpt foder, mineralgödsel, drivmedel och kalk. Från gårdarna levereras framför allt spannmål, mjölk, sockerbetar, potatis, levande djur, trädgårdsväxter och oljeväxter. Inom gården och mellan gårdar handlar det främst om flytgödsel, skörd från vallar och spannmål. Jordbruksföretag transporterar även maskiner, utrustning och förnödenheter till och från fält. En utmaning är att det varken finns en samlad bild av jordbrukets

logistikkostnader eller metoder att någorlunda enkelt mäta dem på gården. Det betyder inte att företagen struntar i transportkostnader utan man optimerar från de förutsättningar som finns.

Kostnaderna för transporterna består utöver kostnader för drivmedel, förare, tid för på- och avlastning och för att transportera varorna, även av kapitalkostnader för den utrustning som används för transporterna. På de flesta gårdar är logistik-kostnader för leveranser till gården och för produkter från gården oftast utanför lantbrukarens rådighet. Eftersom samma maskiner används till både transporter och allt annat arbete är det svårt att skilja ut transporternas kostnader och energiförbrukning. Transporter till och från fälten finns som en del av den allmänna dieselförbrukningen för maskin användning och som en del av arbetstiden inom växtodlingen. Lika osynliga är transporter inom gården för djurhållningen.

I jordbruket finns även läglighetskostnader som beror på vädret. En läglighetskostnad uppstår om man inte utför en åtgärd när det är optimalt för att få högsta skördenivå eller kvalitet. Ofta får man dock kompromissa mellan olika kostnader och bruka eller skörda ett fält helt färdigt innan man bryter för dagen eller för ett regn. Man får välja mellan kostnader för en lägre skörd, en blötare skörd eller kostnader för en högre kapacitet på fältet eller för en mer flexibel transport. Till logistikfrågan kan även läggas om man ska tillverka varan själv eller köpa den, till exempel för foder eller utsäde. Man kan välja att torka och lagra spannmålen själv eller sälja den direkt från tröskan. Till logistikfrågan kommer då även kostnader för lager och svinn.

När gårdar ökar i storlek och produktion blir kraven större att kunna fördela resurser så de utnyttjas bäst och totalt sett ger bästa resultatet för gården. Vid ändrade förutsättningar kan planeringen snabbt behöva göras om. I dag används verktyg som t.ex. resurs- eller ruttplaneringssystem i många transport-, logistik- och producerande företag för att effektivisera planeringen och därmed minska kostnaderna. Programmen kan ofta användas till planering på olika nivåer, både för daglig operativ planering och till strategisk planering. När modellen väl är uppsatt i programmet kan man snabbt ändra förutsättningar och testa vilket utfallet blir och hur det påverkar det arbete som ska utföras.

För att minska transportarbetet är det optimala att åkermarken ligger i direkt anslutning till gårdscentrum, men för gårdar som vill expandera snabbare än ledig mark i anslutning till den egna gården blir tillgänglig blir resultatet längre transporter till och från åker. I och med jordbrukets snabba strukturrationalisering är detta något som är verklighet för många gårdar som vuxit snabbt. Både på kort och på lång sikt är det därför angeläget att studera hur de stora varumängderna hanteras på enskilda gårdar, vad de stora framgångsrika gårdarna har gjort och vad som går att göra mer på dessa gårdar för att sänka kostnader, minska behovet av drivmedel och utsläpp av fossil koldioxid.

1.1 Syfte och mål

Det övergripande syftet med projektet är att minska energiåtgång och klimatpåverkan och förbättra lönsamheten i den svenska lantbruksnäringen genom att effektivisera logistiken.

Målen med projektet är att:

1. På nationell nivå undersöka hur stort transportarbete som idag utförs på gårdar, samt mellan gårdarna och deras leverantörer och kunder, uppdelat efter typ av transportmedel och gods.
2. Hitta minst ett verktyg eller metod som kan användas för att kartlägga, analysera och optimera logistiken på gårdsnivå.
3. Uppskatta vilka förändringar i logistiken som skulle krävas för att minska energiförbrukningen för exempelgårdarnas logistik med 25 respektive 50 % samt hur det påverkar klimat och kostnader.
4. Utifrån gårdsanalyserna beräkna vilken effektiviseringspotential som finns för logistiken på nationell nivå samt uppskatta vilka förändringar som skulle krävas för att minska energiförbrukningen för jordbrukets logistik i Sverige med 25 % respektive 50 %.

2 Metod

2.1 Uppskattning av transportarbete inom svenskt jordbruk

Baserat på tillgängliga uppgifter från litteratur och statistik kompletterat med antaganden uppskattades storleken på jordbrukets transporter på nationell nivå. En uppdelning av transporter gjordes i transporter till och från gården samt transporter inom gården och mellan gårdar. Inom och mellan gårdar beräknades och uppskattades transport av vall, spannmål, halm och andra skördade produkter från fält till gård, transport av gödsel ut till fält från lager och transporter av djur mellan olika gårdar. Transporter internt på gården som går till och från gårdens lager till och från djurhållningen, som foder och gödsel, är inte medtagna i sammanställningen.

2.2 Kartläggning gårdar

De fyra gårdar som valdes ut och vars transporter kartlades i projektet var mjölkgårdarna Vallens gård utanför Ljusdal och Ola gård utanför Uppsala, samt spannmålgårdarna Kyrkeby Egendom utanför Örebro och Lillvreta utanför Uppsala. Arbetet med att kartlägga gårdarna inleddes med ett gårdsbesök där lantbrukaren berättade om produktionen på gården, transportflöden samt om logistikupplägg och om hur planering av de stora transportarbetena som skörd och gödsling görs. Även uppgifter om avkastning, gödslingsnivå, lagrens storlek och placering samt typ och storlek på de transportekipage som användes samlades in.

De fyra gårdarna är, förutom expansiva, också bra på att effektivisera sin verksamhet, vilket gör att de redan har genomfört många av de åtgärder för att

effektivisera sin logistik som många andra inte gjort. Därför har det i vissa fall räknats på alternativa förändringar som är mindre effektiva än de som gårdarna redan tillämpar.

De kartlagda gårdarna har många olika transportflöden av olika storlek, men har avgränsats till att analysera de största flödena. Kyrkeby egendom har många verksamheter, men i analysen har fokus legat på växtodlingen och i den valt det största transportflödet spannmålsskörden. Detsamma gäller Lillvreta gård.

För mjölkgårdarna är de största flödena ensilage från åker till gård och gödsel från gård till åker och det är dessa två flöden som analyserats i projektet.

2.3 Systemgränser och nyckeltal

I kartläggningen och analyserna av de kartlagda gårdarna har endast transporter av de största godsflödena använts i beräkningarna: Skördad spannmål på spannmåls- gårdarna, skördad vall och gödsel på djurgårdarna. Lastning av spannmål och vall i fält är inte med i beräkningarna, inte heller spridningen av flytgödseln. För vall och spannmål ha gårdens lager (i vissa simuleringar andra lager utanför gården) använts som slutdestination, vilket innebär att ingen fodring eller andra interna transporter på gården är med i beräkningarna.

De nyckeltal som använts i stor utsträckning vid presentation av resultat i projektet är kr per hektar respektive liter diesel per hektar. Anledningen till att presentera resultatet i dessa nyckeltal är att det är något som lantbrukare kan relatera till eftersom resultat och skördenivåer m.m. oftast relateras till hektar.

2.4 Transportavstånd och transporttid

Med hjälp av GIS-analys beräknades vägavstånd och transporttid från centrum på varje kluster till gårdscentrum och lager för grödor och gödsel. Transportavståndet delades upp i transport till närmaste allmänna väg samt vägtransport. Eftersom det finns begränsningar för vissa fordon på vissa vägar såsom motorvägar skiljer sig resultatet i vissa fall mellan traktortransport och lastbilstransport.

2.5 Beräkning av bränsleförbrukning

För beräkning av dieselförbrukningen användes en studie av Götz m.fl. (2014) som i praktiska försök mätt bränsleförbrukningen i liter diesel per kilometer för lastbil och traktor under en körcykel på 17 km, bestående av både landsvägs- körning och stadskörning. I studien mättes förbrukningen både för tomma ekipage och med full last.

Anledningen till att denna studie valts som bas för bränsleförbrukningen är att de både kört med samma nyttolast och på samma vägsträckning med båda fordons- typerna, vilket är en nödvändig utgångspunkt för jämförelser mellan olika fordonstyper. Utifrån inter- och extrapolerade värden på bränsleförbrukning, samt beräknade lastvikter för grödorna och gödsel beräknades dieselförbrukningen för transporter till och från de olika klustren. Beräkningarna av bränsleförbrukning för spannmålstransporterna gjordes för ett vägt medelvärde för lastvikterna för de olika spannmålssorterna.

2.6 Beräkning av kostnader

Kostnadsberäkningarna gjordes genom att först beräkna tidsåtgången för varje delmoment. Därefter beräknades kostnaden för varje delmoment baserat på tidsåtgång och ekipagens timkostnad. För traktortransporterna beräknades en timkostnad baserat på storleken på de transportvagnar som gårdarna använder sig, rekommenderad traktor efter effektbehov enligt Maskinkalkylgruppen (2014) samt timkostnader för traktor och vagn från Maskinkalkylgruppen (2014). Baserat på uppgifter från ett åkeri sattes för lastbil med släp en timkostnad på 950 kr/h inklusive förare och drivmedel, för enbart lastbil 650 kr/h. Slutligen beräknades kostnaden per ha för transport med lastbil och traktor genom att summera delkostnaderna för de moment som ingår i rutten från fält till lager och tillbaka.

Tid och kostnader för transporter beräknades uppdelat på tid för lastning, lossning och omlastning (bilaga 2) och transporttid. Transporten delades in i delmomenten transport på fält, transport på väg till mellanlager, transport från mellanlager till slutanvändning. Slutdestination i beräkningarna var för växtodlingsgårdarna närmaste spannmålmottagning, som antogs vara Uppsala för Lillvreta och Kumla för Kyrkeby. För mjölkgårdarna var lagret vid brukningscentrum slutdestination i beräkningarna för såväl vall som spannmål.

Vid traktortransport utfördes hela transporten från fält till lager; och omvänt för gödsel, med traktor. Vid lastbilstransport utfördes transporten från fält till närmaste väg med traktor och därefter skedde omlastning till lastbil. Omlastningen antogs ske på en plats 200 m från centrum på respektive kluster. Detta innebar att transporten i lastbilsalternativet de första 200 m gjordes med traktor och därefter med lastbil. Baserat på bränsleförbrukningen i liter per km beräknades förbrukningen per kluster för studerade scenarier med olika kombinationer av traktor- och lastbilstransport.

2.7 Beräkning av koldioxidutsläpp

När koldioxidutsläpp beräknats i rapporten har det beräknats utifrån att en liter diesel ger upphov till 2,8 kg koldioxid vid förbränning (Gode m fl., 2011). Detta inkluderar inte produktion eller distribution av dieseln.

2.8 Analys av möjliga förändringar

2.8.1 Gårdsanalys av transportkostnader och bränsleförbrukning

Beräkningarna begränsades till de transportarbeten med störst transporterad kvantitet vilket är spannmålstransporter på växtodlingsgårdarna samt vall, spannmål och flytgödsel på mjölkgårdarna. På de fyra fallstudiegårdarna delades åkermarken in i lämpligt antal kluster med tanke på fältens geografiska läge. För respektive kluster beräknades transportarbetet i tonkm samt kostnader och bränsleförbrukning för transporten. Undersökta alternativ för transporterna på de kartlagda gårdarna visas i Tabell 1.

Tabell 1. Undersökta transportalternativ på de kartlagda gårdarna.

Mjölgårdarna	Spannmålgårdarna
Transport med traktor eller lastbil från kluster till lager på gårdscentrum för grödor och omvänt håll för flytgödsel.	Transport med traktor eller lastbil från kluster till spannmålmottagning via mellanlager.
Det billigaste alternativet av traktor och lastbil väljs för respektive kluster.	Kombination av traktor till mellanlager och lastbil från mellanlager till spannmålmottagning.
	Direktleverans från kluster till spannmålmottagning med lastbil samt för Kyrkeby även med traktor.

2.8.2 Separering av flytgödsel

Tre tekniker för separering av flytgödsel simulerades på Vallens gård för att undersöka påverkan på gödselns transport- och spridningskostnader: 1) mekanisk separering med en skruvpress, 2) mekanisk separering med en centrifug, och 3) mekanisk-kemisk separering med ett flerstegssystem. Dessa tre separerings-scenarier jämfördes med ett scenario med vanlig flytgödselhantering.

En skruvpress är bra för att avskilja en fast fraktion som är relativt torr, men mindre effektiv på att separera fosfor. En centrifugseparator kan separera ut mindre partiklar och ska därmed vara effektivare på att separera ut fosfor till den fasta fraktionen jämfört med en skruvpress. Mekanisk-kemiska system för separering bygger oftast på flera steg med till exempel en skruvpress som första steg, följt av kemisk flockning, följt av mekanisk separering som slutsteg. Avskiljningsgraden som användes i våra simuleringar för de tre olika separerings-scenarierna visas i Tabell 2.

Tabell 2. Separeringseffekt för tre tekniker för nötflytgödselseparering som använts i simuleringen. $Et(x)$ visar mängd substans i den fasta fraktionen dividerad med total mängden i den ursprungliga gödseln. Värdena är medelvärden för nötflytgödsel från Hjorth et al., 2010. För anpassning till opublicerade data från försök under svenska förhållanden minskades centrifugens separeringseffekt med 30 %.

Teknik	Et(x) %			
	Volym	TS	Totalkväve	Totalfosfor
Skruvpress	8	33	7	14
Centrifug	15	55	25	50
Mekanisk-kemisk	26	67	40	70

Simuleringar av separeringsscenarioer på Vallens gård baserades på följande:

- 32 000 ton flytgödsel per år med standardegenskaper för nötflytgödsel tagna från greppa.se.
- 1 070 ha jordbruksmark med 710 ha vall och 360 ha spannmål.
- Spridningsmängd bestämdes av växternas beräknade behov.
- Flytgödseln spreds på de närmaste fälten först och successivt längre och längre bort, medan fastgödsel spreds på fält längst bort först och sedan successivt närmare gårdscentrum.

- Den fasta fraktionen spreds bara på spannmål, antingen på hösten eller innan sådd på våren, och brukades ner direkt.
- Den flytande fraktionen spreds på vall och på spannmål om fältet inte fått någon fast fraktion.
- Transport skedde med det billigaste alternativet av traktor eller lastbil.
- Transport- och spridningskostnader beräknades med timtaxa enligt Maskinkalkylgruppen (2012) och inkluderade bränsle och förare.
- Transport- och spridningskostnader beräknades från den av spridning eller transport som begränsade kapaciteten.
- Vid transport med lastbil inkluderades kostnader för en bufferttank vid fältkanten, plus tid och extra utrustning som behövdes för en extra av- och pålastning.
- I kostnadsberäkningarna inkluderades inte investerings- och driftskostnader för själva separeringsutrustningen.

Transport- och spridningskostnader för varje scenario beräknades per hektar för varje kluster på Vallens gård.

2.8.3 Test av transportplaneringsverktyg

Ett av målen med projektet var att testa transportplaneringsverktyg som används i transportnäringen för planering eller simulering av jordbrukstransporter på gårdsnivå. Det finns många olika system som används av transportnäringen och de är tänkta att användas på olika sätt.

Det transportplaneringssystem som valdes ut för att testas i projektet var RoutePlanner från den danska programvaruproducenten Transvision (www.transvision.dk). RoutePlanner är ett verktyg för taktisk eller strategisk simulering, optimering och planering. Det kan användas t.ex. för utformning och testning av mjölkbils- eller sopbilsrundor, d.v.s. rundor som ska upprepas med bestämda intervall, eller för mer strategiska undersökningar t.ex. av hur många lager som ett företag behöver för att tillgodose sina kunders krav på leveranssäkerhet. Verktyget kan också användas för att testa olika scenarior där givet ett transportbehov olika antal eller olika egenskaper på fordon används. De olika uppläggen sparas som olika planer och kan lätt kopieras och ändras för att testa hur förändringar påverkar slutresultatet.

I verktyget är en optimeringsfunktion inbyggd som försöker optimera transportplanen med avseende på minsta tid, körsträcka eller kostnad. En mängd olika villkor kan ställas upp för planeringen, t.ex. hur många timmar ett fordon får användas per dag, om föraren måste ha raster vid vissa intervall, hur mycket som lossas eller lastas per tidsenhet för en terminal.

2.8.4 Skiftning av åkermark

Många gårdar som växer kan inte göra det med mark som ligger närmast, utan tvingas utöka arealen med mark som ligger längre bort. I den simulering av skiftning av åkermark som utfördes i projektet har gårdarna tilldelats dels den åkermark som är närmast gården fågelvägen och dels samma areal som gården brukar idag. I simuleringen har åkermarken baserats på den så kallade blockkarta som ligger till grund för jordbruksstöd från EU som Jordbruksverket ansvarar för i Sverige.

För de gårdar i projektet som räknas som växtodlingsgårdar, Kyrkeby egendom och Lillvreta gård, har transportarbetet för spannmålsodling simulerats, och det har uteslutande bestått i transport av skördad spannmål. De transporter som beräknats hade i simuleringen slutdestination gårdscentrum.

För de två mjölgårdarna i projektet, Ola gård och Vallens gård, har endast transportarbete för vallskörden simulerats.

2.8.5 Transporteffektivitet för olika fordon

För att undersöka hur transportkostnader och bränsleförbrukning påverkas av val av fordon och fordonsstorlek har fyra ekipage ställts mot varandra för transport av spannmål, se Tabell 4.

I simuleringen har en skördenivå på 6,5 ton per hektar (transporterad vikt) använts som bas för beräkningen. I Tabell 4 visas andra grunddata som använts vid beräkningen av transportkostnad och bränsleåtgång. De medelhastigheter som använts baseras på de simuleringar som gjorts på de kartlagda gårdarna. Lastbils-transporterna antas ha använt traktor och vagn för fälttransporten. Detaljerade beräkningar visas i bilaga 5.

Tabell 3. Förutsättningar och grunddata för simuleringarna av transporteffektivitet för olika fordon.

Fordon	Nyttolast (ton)	Medelhastighet (km/h)	Bränsleförbrukning (l/km)	Timkostnad * (kr/h)	Lossning (min)	Lastning (min)
Traktor enkelvagn	14	35	0,56	790	2	-
Traktor dubbelvagn	25	35	0,65	1220	5	-
Lastbil	12	49	0,40	650	2	6,5
Lastbil och släp	36	49	0,49	950	7	20

* Inklusive kostnad för förare och diesel

2.8.6 Transportavståndets påverkan på lönsamheten för olika grödor

Beräkningar har gjorts för att studera hur transportavståndet från fält till gården påverkar lönsamheten genom att kombinera ihop de i projektet beräknade transportkostnaderna för kluster på olika avstånd från brukningscentrum med Växtråds kostnadskalkyler för grödor. Genom att sätta de framräknade transportkostnaderna för olika transportavstånd i relation till grödans totala kostnadskalkyl kan analyser göras av hur långt från brukningscentrum grödan kan odlas med positivt odlingskalkylresultat.

Vid beräkning av transportkostnaden har för traktortransporter en medelhastighet om 35 km/h använts och för lastbil 49 km/h. Dessa medelhastigheter kommer från de simuleringar som gjorts på de kartlagda gårdarna. I Tabell 4 och Tabell 5 visas de grunddata som använts vid beräkningen av transportkostnaden. Detaljerade beräkningar visas i bilaga 4. Den lägsta transportkostnaden av traktor eller lastbil har använts i resultat-kalkylerna. Vid korta transportavstånd är traktor (14 ton) billigast och vid längre transport avstånd lastbil (36 ton). Brytpunkten är beroende

av gröda. På vallen är även transport av flytgödsel inkluderad med en total giva på 50 ton/ha.

VäxtRåds interna bidragskalkyler för höstvetete, malkorn, timotejfrö samt slåttervall användes. Bidragskalkylerna är uppbyggda från flera års driftekonomiska analyser för Växtråds lantbrukskunder i Mellansverige. I kalkylerna ingår alla fasta och rörliga kostnader förutom gårdsstöd och kostnader för arrende. Transport från gård till uppköpare ingår med 50 km exkl. eventuella ortsjusteringar (ortsjustering är ett styrmedel som är relaterat till avståndet för vidare transport till slutkund, t.ex. en kvarn).

Tabell 4. Grunddata vid beräkning av transportkostnad. I övrigt samma förutsättning som vid beräkningar av transportkostnader för de kartlagda gårdarna.

	Nyttolast traktor (ton/lass)	Nyttolast lastbil (ton/lass)	Dieselförbruk- ning traktor (l/km)	Dieselförbruk- ning lastbil (l/km)	Sträcka transport fält (m)
Höstvetete	14,0	36	0,56	0,49	200
Höstraps	14,0	36	0,56	0,49	200
Malkorn	14,0	36	0,56	0,49	200
Timotejfrö	14,0	36	0,56	0,49	200
Vall	11,3	27	0,55	0,46	200
Flytgödsel, vall	20,0	36	0,59	0,49	200

Skördenivåerna som använts är medeltal från 10 års skördenivåer, förutom för timotejfrö där underlaget är mindre och istället har skördenivåer från Sveriges Frö- och oljeväxtodlare använts. Tyvärr är det svårt att anpassa beräkningarna efter skördevariationer på enskilda gårdar. En viss justering kan göras manuellt för att uppskatta skördenivåns betydelse för täckningsbidraget på enskilda gårdar, men eftersom transportkostnaden beror av transporterad kvantitet behöver hela simuleringen göras om vid större förändringar av skördenivåer för att få rättvisande värden.

Tabell 5. Förutsättningar för kalkylerna.

Gröda	Skörd (kg TS /ha)	Transporterad kvantitet (ton/ha)	Produktions- kostnad (kr/kg)	Avräknings- pris (kr/kg)	TB 2 (kr/ha)
Höstvetete, kvarn	6140	6,5	1,4	1,50	447
Höstraps	2961	3,1	3,06	3,00	-225
Malkorn	4900	5,2	1,42	1,60	793
Timotejfrö	700	0,72	8,98	15	4212
Slåttervall (3 skördar)	9109	30,3	1,46	1,46*	0*

*Värdet av slåttervall är individuellt per gård och det finns inga bra avräkningspriser för slåttervall. Därför används produktionskostnaden som avräkningspris vilket genererar ett TB 2 på 0 kr/ha.

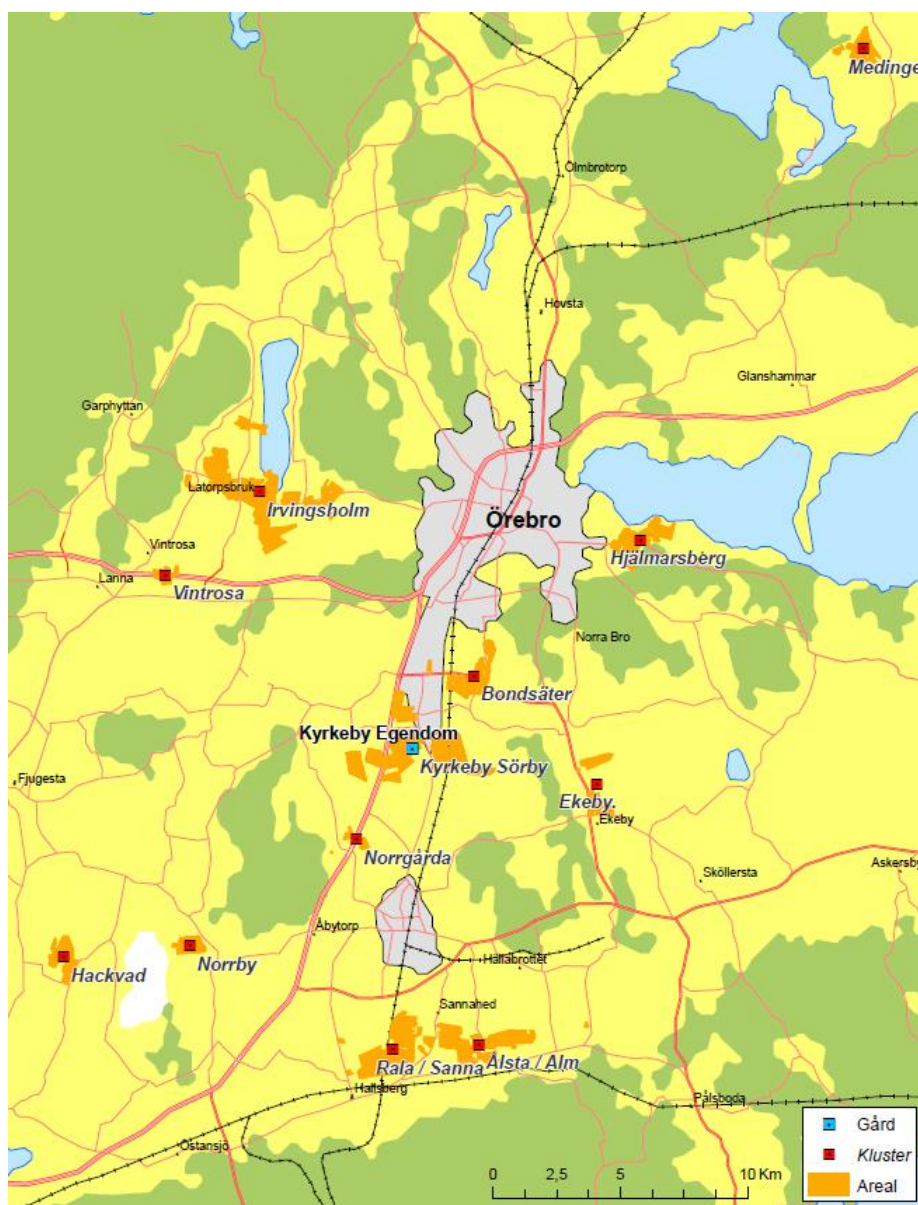
I denna simulering är endast transportkostnader för den skördade spannmålen med, men i verkligheten finns även ökade kostnader för att bruka odlingar längre

bort och effekten av detta, både transportkostnaden för att t.ex. köra traktor med redskap till fälten och arronderingen för dessa fält.

3 Gårdsbeskrivningar

3.1 Gårdsbeskrivning Kyrkeby Egendom

Kyrkeby egendom strax söder om Örebro drivs av Lars-Håkan Jonsson tillsammans med sönerna Johan och Peter. Lars-Håkan började med en växtodlingsgård på 60 ha i början av åttiotalet och sedan dess har gården utvecklats och utökats kraftigt. Förutom spannmål producerar gården 5 200 slaktsvin om året samt har 35 000 värphöns, 320 ha skog och två vindkraftverk med effekten 2,5 MW och 225 KW. Gården sysselsätter åtta heltidstjänster och omsätter knappt 45 miljoner kronor per år fördelat lika mellan växtodling och djurproduktion.



Figur 1. Karta över Kyrkeby Egendom och dess brukningsenheter (orange). De huvudsakliga gårdscentra finns i Kyrkeby (blå symbol) och Irvingsholm (övre vänstra delen av kartan).

Gården består av flera geografiskt åtskiljda brukningsenheter som tidigare var enskilda gårdar (Figur 1). De eftersträvar att under ett enskilt år odla samma gröda på alla fält på en brukningsenhet. Antalet grödor och sorter som odlas minimeras för att minska problem med att hålla isär partier vid lagring. Val av grödor och arealer styrs av växtföljd, lönsamhet och lagringskapacitet.

3.1.1 Sådd och skörd

Vid sådd levereras insatsvaror direkt till respektive brukningsenhet. Totalt köps ca 600 ton mineralgödsel in. Vid skörd körs spannmålen antingen till Kyrkeby eller till Irvingsholm, som båda har tork- och lagringsanläggningar. På Kyrkeby kan 9 200 m³ lagras och på Irvingsholm 5 400 m³. På Kyrkeby tippas spannmålen i en grop med kapacitet 120 ton/timme och lagras i 2 st. våtfickor, vardera 500 m³, i väntan på torkning. Torken på Kyrkeby har en kapacitet på 20 ton per timme och värms med en flispanna med effekten 1 MW. Mottagningskapaciteten är mycket beroende av grödans vattenhalt och vid enstaka tillfällen mellanlagras spannmålen på golv inne i maskinhallen för att flyttas till torken vid senare tillfälle. På Irvingsholm begränsas skördekapaciteten av torkens mottagningskapacitet.

På gården finns tre skördetröskor, två stora på 35 och 40 fot samt en mindre på 25 fot. Strategin är att de två stora tröskorna tröskar på samma brukningsenhet och tillsammans med tre stycken traktorekipage med dubbla vagnar körs spannmålen till torkanläggningen på Kyrkeby. Flygande tömning på fältet tillämpas. Den mindre skördetröska används framförallt runt Irvingsholm och dess tröskkapacitet matchar mottagningskapaciteten på Irvingsholm.

För att undvika att behöva förflytta hela skördekedjan mer än en gång till varje brukningsenhet inleds inte skörden förrän alla fält på enheten är mogna. Man undviker att behöva flytta tröskorna mellan brukningsenheter under dagen på tröskbar tid. I skördeplaneringen finns utrymme för 7-10 dagars slack för regn osv. För att personalen under skörd ska kunna koncentrera sig på tröskning hyrs underhåll av tröskorna in (ca 2 h/ tillfälle).

3.1.2 Gödsling

Per år sprids ca 7 000 m³ svinflytgödsel och hönsgödsel från den egna gården samt 200 ton stallgödsel som köps in. Dessutom sprids drygt 7 000 m³ biogödsel från SBIs biogasanläggning som ligger ca 1 mil från Kyrkeby. Centralt placerad på fältet vid Kyrkeby finns ett flytgödsellager på 3 500 m³ som omsätts två gånger per år. Runt lagret finns ca 200 ha åkermark.

3.1.3 Möjliga förändringar

I Kyrkeby medför vissa kluster långa transportavstånd till gårdscentrum där spannmålen mellanlagras och torkas och det kan finnas vinster med att t.ex. köra spannmål direkt från fält till uppköpare eller andra siloanläggningar som ligger närmare än det egna gårdscentrumet eller som ligger åt rätt håll mot en slutkund. Detta alternativ begränsas dock av att Kyrkeby har som strategi att torka och lagra spannmålen i egen torkanläggning för att kunna handla friare med spannmålen.

För att komma till vissa av klustren måste transporter gå igenom Örebro och Hallsberg och framkomligheten är begränsad, speciellt med traktortransporter. I vissa fall kan även transporten gå på motorväg som också innebär en begränsning

för traktortransporter. Kyrkeby har gjort försök med att hyra in lastbilar för spannmålstransport under skörd men det fungerade inte bra då traktorekipage och lastbilar kom i otakt och fick vänta på varandra vid lossning vid Kyrkeby. En möjlighet är att göra nya försök med inhyrd eller egen lastbil och få systemet att fungera bättre.

Gårdens transportarbete kan minskas genom att i den mån det är möjligt med tanke på t.ex. växtföljd välja grödor med tanke på transportavstånd och odla grödor med hög avkastning nära lager och grödor som oljeväxter och frö på kluster längre bort. En förändring på längre sikt skulle kunna vara att koncentrera arealen närmare brukningscentrum och avveckla skiften som ligger långt borta. För biogödsel och flytgödsel som idag transporteras och sprids med traktor och gödseltunna skulle ett slangsystem kunna spara mycket resurser.

3.2 Gårdsbeskrivning Lillvreta gård

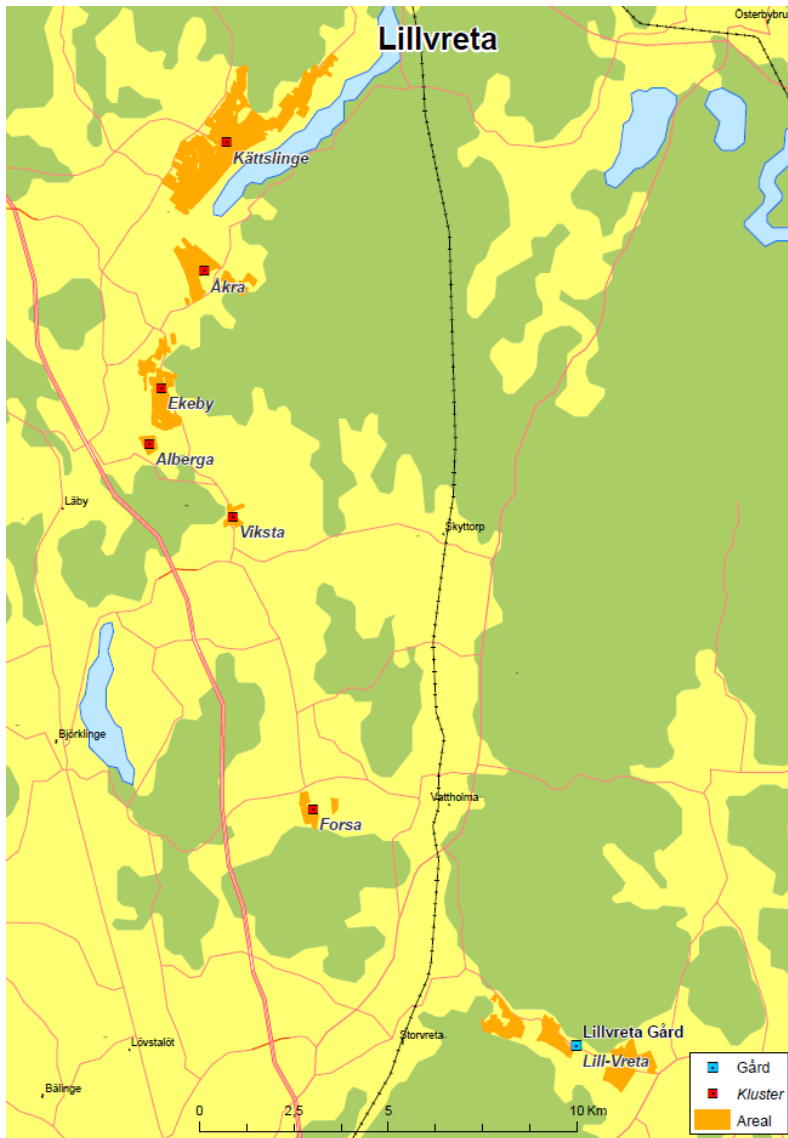
Lillvreta nordost om Uppsala är en spannmålsgård som drivs av Rune Pettersson. Totalt brukas ca 100 skiften varav många är stora, 30-60 ha per skifte. Varje år odlas normalt oljeväxter, höstvetete, vårvete, rågvete, malkorn samt glutenfri havre. Till gården hör även 400 ha skog.

För fyra år sedan upphörde gårdens grisproduktion för att istället satsa på spannmålsproduktion. Sedan dess har arealen ökat kraftigt. Det största steget omställningsmässigt var ökningen från 70 ha till 140 ha. Grisstallarna är idag ombyggda till garage som hyrs ut till totalt 80 hyresgäster. Gården har 2,5 heltidsanställda men under skörd är som mest sju personer sysselsatta.

Geografiskt är brukningsenheterna utspridda mellan Lillvreta i söder och Kättslinge i norr (Figur 2). Åkermarken är i bra skick och jordarna är jämna i upptorkning och kan brukas genom att vid sådd och skörd börja med de södra brukningsenheterna och arbeta sig norrut.

Mycket tid används till att planera verksamheten och att se till att logistiken framför allt vid sådd och skörd fungerar och att alla delar i kedjan från tröska, transport och torkning är anpassade till varandra. Inga planeringsprogram typ Dataväxt används. Det är viktigt att tänka rationellt och planera några dagar i förväg vid sådd och skörd så att fälten exempelvis vid sådd bearbetas i rätt tid så de är klara när såmaskinen kommer.

Strategin för en effektiv verksamhet är att ha flera mindre maskiner och mer personal istället för tvärtom, då finns det alltid maskiner tillgängliga vid eventuella haverier. Till exempel blir inte hela skördekedjan stillastående bara för att en tröska havererar eller det finns alltid en extra traktor tillgänglig. Denna strategi att satsa på flera mindre maskinuppsättningar istället för en större gör även att om något moment vid exv. sådd inte blir riktigt bra möjlighet att gå tillbaka och göra om momentet hellre än att riskera ett sämre odlingsresultat.



Figur 2. Karta över Lillvreta och dess brukningsenheter.

3.2.1 Sådd och skörd

Till sådden användes två såmaskiner, en Rapid med 4 m arbetsbredd och en Överum kombijet med 8 m arbetsbredd. Sådden inleds på enheterna i söder och förflyttas norrut. Utsädet körs ut direkt till de olika brukningsenheterna inför sådd. Lagring av utsädet sker inomhus.

Spannmålen skördas med två stycken 25 fots tröskor och transporteras med traktor och vagn till mellanlager. När spannmålen säljs till spannmålsmottagning transporteras den med lastbil. Gården har tre transportekipage med traktor och vagn där vagnarna lastar 20 m³ eller 17-18 ton spannmål. Ibland kör det med dubbla vagnar efter traktorn.

För att hinna skörda hela arealen och då det finns ett torkavtal som innebär att spannmål upp till 23 % vattenhalt kan levereras utan att priset påverkas så inleds skörden så snart vattenhalten är 23 %. Skördekapaciteten planeras efter tumregeln att 7 % av arealen ska tröskas per dag och att det finns 15-16 tillgängliga tröskdagar per säsong. Detta stämmer även med tumregeln att ha kapaciteten 16-17 ha/fot tröska.

Spannmålslager finns i Kättslinge och Åkra för de norra brukningsenheterna samt i Lillvreta för de södra brukningsenheterna. På Åkra finns även en silotork med halmpanna. I Lillvreta finns en kontinuerlig satstork som inte används fullt ut eftersom den har för låg torkkapacitet.

En stor del av spannmålen säljs till Lantmännen vid skörd med torkavtal. Den mesta spannmålen mellanlagras innan leverans men ca 10 % av spannmålen körs direkt från fältet med lastbil till Lantmännen. Det är billigare med torkavtal jämfört med att torka själva eller bygga ut torkkapaciteten. För att få bra service är det viktigt att ha bra kontakt med åkare och Lantmännen. Årligen pressas även ca 1 000 fyrkantbalar halm vilka säljs via Lantmännen.

3.2.2 Gödsling

Utöver mineralgödsel används på Lillvreta och Åkra totalt 5 000 m³ biogödsel från Biototal per år. Dessutom sprids en del Revaq-certifierat slam.

3.2.3 Möjliga förändringar

Lillvreta säljer idag spannmålen otorkad vid skörd, men mellanlagrar största delen av skördad spannmål på tre olika ställen innan den transporteras till Lantmännens spannmålmottagning. En mindre del av spannmålen körs redan idag direkt från fält till spannmålmottagning. Direktleverans i större omfattning skulle kunna minska kostnaderna speciellt för de kluster som har längst avstånd till mellanlagret. En möjlighet att titta på för Lillvreta är att ha en egen lastbil för transport av spannmål men som även skulle kunna frakta andra saker resterande tid på året. Precis som vid Kyrkeby skulle grödvalet kunna anpassas mer till logistiken så att man t.ex. kunde odla mindre volymkrävande grödor på vissa ställen.

3.3 Gårdsbeskrivning Vallens gård

Vallens gård utanför Ljusdal är en mjölkgård med ca 850 kor. Gården drivs och ägs av Jan-Erik Hansson som började som lantbrukare för 33 år sedan med 6 kor på familjegården i Järvsö. Produktionen har därefter utökats i etapper. År 2001 köptes Vallens gård, och produktionen flyttades dit. Företaget har 24 anställda. Gården omsatte 48 miljoner kr de första 11 månaderna 2014 och hade ett resultat (vinst) på 8 miljoner. Företagets grundtanke är att alltid omsätta mer än de har i lån. Den största risken för företaget är mjölkpriset. Gården har så låga lån och hög omsättning så att räntehöjning inte är någon risk.

Åkermarken finns i olika kluster längs riksvägarna söderut, österut och västerut (Figur 3). Till gården hör även 700 ha skog, vilken från delvis köpts in för att sysselsätta personal året runt.

På Vallens gård är rationalitet över hela linjen viktigt. Vid vallskörden är Jan-Eriks roll att samordna skörden och se till att allt flyter på. Han finns med överallt och rycker in där det behövs.

Gården har egna maskiner till allt förutom fastgödselspridare. Gården har en egen lastbil med lastväxlare för transport med container (vallskörd) och tankvagn (flytgödsel) och som används ca 2 300 timmar per år. Eventuella extra lastbilar lejs in vid behov under gödselspridning och vallskörd. Alla transporter av gödsel,

spannmål och vall som är längre bort än 4 km sker med egen lastbil och ibland även med en extra lejd lastbil.



Figur 3. Karta över Vallens gård och dess brukningsenheter.

3.3.1 Vallskörden

Vallarna består av ängssvingel, timotej, rajsvingel och lite röd- och vitklöver. Vallarna ligger normalt i 3 år och skördas 3 gånger per år. Strategin är att börja i söder och gå norrut men det är beroende av vädret. Om väderprognosen säger endast någon dag med bra väder skördas fälten nära gården.

Vallen skördas med en 9 m tredelad slätterkross och bärgas med självgående exakthack. En traktor med vagn körs parallellt med hacken. Inom ett avstånd på 4 km transporteras gräset med 2 traktorer med stora vagnar. På längre avstånd används lastbilar med 40 m³ containrar, en container på lastbilen och två på släpet. På de längsta avstånden används 3 lastbilar och 10-11 containrar.

Vallen lagras i plansilo med tre meter höga fack. Vid inlagring töms gräset på platta framför silon och därefter fördelar en lastmaskin gräset och en annan lastmaskin packar i silon. Om behövs kan även en extra traktor användas för packning. Lite vall skördas även som hösilage i rundbalar för kalvar och kalvkor.

3.3.2 Spannmålsskörd

Spannmålen tröskas vid höga vattenhalter (ca 25 %) och lagras lufttätt i slang. Tröskningen utförs av en kedja med tre enheter, tröskan (20 fot), lastbil och krossen/slangläggaren. Tröskan används ca 300 timmar per år. Eftersom tröskningen sker vid högre vattenhalt än normalt innebär det att tröskningen kan inledas tidigt på säsongen och även pågå längre på kvällarna. Vid tröskning ställs containrar ut på fälten. På fälten närmast gården odlas spannmål endast när vallen förnyas genom insådd. Dessutom skördas 250 -300 ha halm till foder och strö. På gården odlas även majs. Majsen skördas genom att ta fram två foderkvaliteter, först skördas topparna med kolvar med exakthack och lagras i plansilo som ensilage. Sedan, i direkt anslutning, skördas halmen separat och utfodras till ungdjur. Dessutom skördas 100-150 ha per år som helsäd.

3.3.3 Gödsling

Gödselhanteringen är gårdens största utmaning då det produceras ca 35 000 m³ gödsel per år. På gårdscentrum på Vallens finns tre mellanlager för gödsel med en total lagringskapacitet på 19 000 m³ idag och ytterligare 6 000 m³ ska byggas. Dessutom används tre stycken satellitbrunnar med totalt 3 000 m³. Målet är att ha 12 månaders lagringskapacitet. Då kan all gödsel användas för att göra nytta i odlingen och inget behöver spridas för att dumpas när lagren är fulla.

Tidigare kördes all gödsel med traktor men nu används även lastbilen till gödseltransporterna. Spridning sker med egen gödseltunna 20 m³ med släpslang eller gräsmyllare. Alla fält gödslas med stallgödsel för att tillgodose grödornas behov av P och K. Därutöver läggs mer stallgödsel nära gården.

Gödselgivan är 25-40 ton/ ha till spannmål och givan styrs av såmaskinens kapacitet. Om gödslingen börjar begränsa såmaskinens kapacitet så läggs en lägre giva gödsel. Till vallens sprids gödsel 2-3 ggr. Efter första skörden är det svårt att hinna med innan gräset växt för mycket.

3.3.4 Inomgårdslogistik

Alla djur utfodras med fullfoder som fördelas med en traktordriven fullfodervagn. Vagnen går 6 h per dag och tre olika blandningar tillreds till mjölkkena.

Strategin har hela tiden varit att bygga så billigt och enkelt som möjligt men samtidigt ge korna gott om utrymme så att de mår bra. Stallen byggs i moduler till en kostnad (utan mjölkning) av 22 000 kr per båsplats.

3.3.5 Möjliga förändringar

På Vallens görs redan idag en rad olika insatser för att minimera energianvändningen. Dessa är till exempel att den kväverikaste flytgödseln transporteras längst bort. Traktorerna är valda för maximal bränsleekonomi till alla olika moment. För spannmålen har Vallens valt ett system där spannmålen tröskas vid hög vattenhalt, ca 25 %, och lagras lufttätt i slang istället för att torka spannmålen till 14 % vattenhalt för att få en lagringsduglig vara.

Vad gäller arrondering av fälten har ca 100 ha mark tagits bort från produktionen genom att arrenden avslutats eftersom de var små fält, dålig arrondering eller att de inte låg väl placerade i förhållande till gården och de övriga brukade enheterna.

Gårdens största logistiska utmaning är gödseltransporterna. Gården håller på att bygga en ny väg på brukningscentrum för att effektivisera gödseltransporterna från gården. Slangsystem för spridning fungerar inte på denna gård enligt Janne. Ett alternativ är att bygga fler satellitlager och därigenom kunna öka spridningskapaciteten eftersom det kan vara svårt att hinna transportera ut i takt med spridningen. Separering av gödsel är en annan tänkbar förbättring, speciellt om man bygger en biogasanläggning. Kommunen är intresserad av biogas till sina fordon och skulle vilja samarbeta om en biogasanläggning på gårdens gödsel samt kommunens matavfall. Hittills har dock ekonomin varit för dålig.

Halmlagret ska flyttas så att det ligger mer centralt på gården. Tanken är att få en bra logistik vid utfodring och foderblandning.

Ingen energikartläggning har gjorts på gården. Janne har själv haft en kurs för de anställda i sparsam körning.

3.4 Gårdbeskrivning Ola Gård

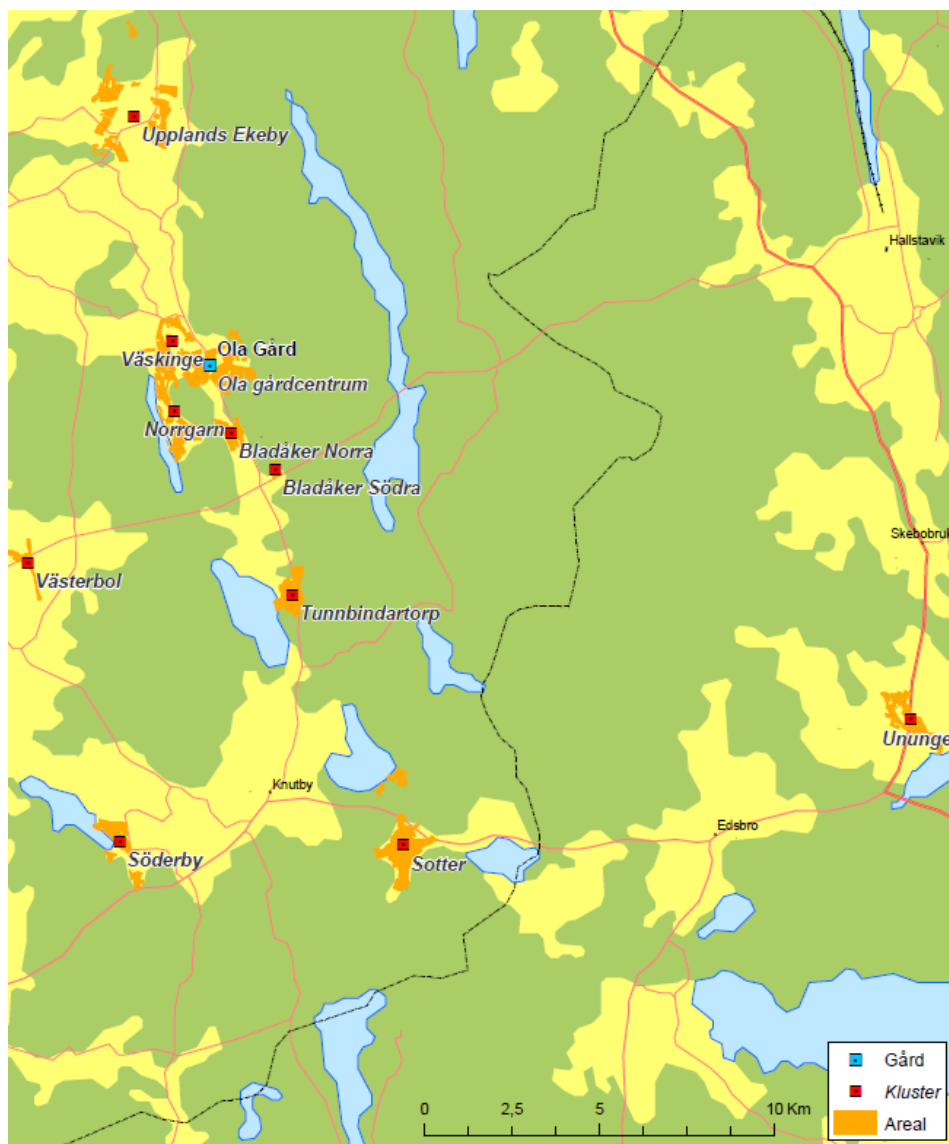
Ola gård ligger nordost om Uppsala och är en ekologisk mjölkgård med 400 kor, 150 ungdjur och 550 ha åkermark. Gården ägs och drivs av Lars Ekström som startade i början av 70-talet med 18 ha åkermark och 14 kor. Gården har fem heltidsarbetande varav två arbetar med sysslor utomhus och tre i stallet.

Gården är självförsörjande på grovfoder men köper in en del spannmål. Varje år odlas 200 ha spannmål varav en del blir helsäd. På resterande areal odlas vall och ca 50 ha av vallarealen betas. Växtföljden är två år spannmål följt av tre år vall men den följs inte alltid fullt ut. Åkerbönor odlas antingen som helsäd eller tröskas och krossensileras.

Tidigare har Ola gård haft 2 mil som maximalt transportavstånd. 2015 började de bruka en areal i Ununge på 3,5 mils avstånd från brukningscentrum på Ola gård (Figur 4). Sett till logistiken är dock vägarna dit bra och skiftena är stora, det största skiftet är 45 ha.

Allt som odlas lagras på brukningscentrum på Ola Gård, men 3 satellitbrunnar för flytgödsel finns på brukningsenheterna. Spannmålen får dock sås i omgångar eftersom jordarna är så ojämna.

Gården lejer maskintjänster för sådd, vallskörd inklusive transport och inläggning samt tröskning. Övriga fältarbeten gör man själva. Gården har två traktorer. Ett stort problem med så mycket lejda tjänster är att få maskinstationen, framför allt vid vallskörden, komma vid rätt tidpunkt. Funderingar har funnits på att ha fler egna maskiner men då behövs mer personal, dessutom är ökade fasta kostnader en risk i ett osäkert marknadsläge.



Figur 4. Karta över Ola gård och dess brukningsenheter.

3.4.1 Vallskörd

Vallen avkastar i genomsnitt ca 5,5 ton ts/ ha och skördas tre gånger per år. Vallen slås med en tredelad butterfly slåtterkross och ibland bredsprids gräset vid slåttern. Bärning utförs normalt med två självgående exakthackar och minst tre traktorer med ca 50 m³ transportvagnar. Ibland har vallen transporterats med lastbil. Att köra med lastbil med släp och tre containrar har dock inte fungerat så bra eftersom rangeringen tagit lång tid. Ensilaget lagras i tre plansilofack, totalt 3 000 ton ts, som rundbalar, 1 000-1 500 st., och i slang, ett par 100 m per år.

3.4.2 Spannmålsskörd

Vid tröskningen transporteras spannmål med traktor och vagn. Gården är inte självförsörjande på foder utan behöver köpa in spannmål vilket är dyrt. Strategin nu är därför att utöka åkerarealen för att kunna odla mer spannmål.

3.4.3 Gödsling

Ca 12 000 m³ flytgödsel samt lite djupströgödsel sprids varje år. Lagringskapaciteten är 9 000 m³. Detta körs så lång det är möjligt på stråsåden på våren men också på vallarna. All areal utom det nya arrendet i Ununge får gödsel.

Gödsel har körts ut till satellitbrunnarna med lastbil men problemet har varit att flytgödselspridarna har högre kapacitet att sprida än transportkapaciteten hos lastbilen vilket resulterat i ineffektivitet och att lastbilstransporten inte blev billigare än traktortransport. Dessutom kräver lastbilstransport bra vägar.

3.4.4 Inomgårdslogistik

Inomgårdslogistiken är uppbyggd med en mixervagn som bas för i all utfodring. Foderblandningen görs i ordning i ett foderkök i anslutning till plansilon. Sommartid bereds foder och körs ut tre gånger per dag och vintertid fem gånger per dag. Lars tycker att traktordriven utfodring är den bästa lösningen för utfodring eftersom den fungerar i alla lägen oavsett strömavbrott etc. De har serviceavtal på mixervagnen så om den går sönder får de en ersättningsvagn inom någon dag. Eldrivna system klarar inte den fuktiga miljön i stallar.

3.4.5 Möjliga förändringar

Den senast tillkomna arealen på Ola gård är marken i Ununge med 35 km transportavstånd till brukningscentrum på Ola. Vallen som skördas i Ununge transporteras med lastbil direkt till Ola gård vid skörd. På grund av det långa avståndet har ingen stallgödsel använts i Ununge hittills.

För mjölkgårdar med långa transportavstånd till åkermarken är det intressant att undersöka hur långt är det ekonomiskt att köra gödseln. Ett alternativ att undersöka är hur gödsel ska transporteras mellan Ununge och Ola. Eventuellt finns möjlighet att mellanlagra flytgödsel nära fälten i Ununge för att kunna höja spridningskapaciteten.

Separering av gödseln är också intressant att undersöka för Ola gård. Då kan den flytande fraktionen spridas i växande gröda exempelvis vall utan att riskera kontaminering av fodret.

För vallskörden är ett alternativ att undersöka systemet att mellanlagra vallen i slang i Ununge i samband med skörd och därmed undvika att skördens kapacitet begränsas av det långa transportavståndet. Transport till anläggning av mellanlagrat material genomförs sedan med lastbil med släp. Detta alternativ har dock ingen påverkan på det totala transportarbetet.

På Ola finns planer på att utöka arealen ytterligare. En beräkning av transportarbete och kostnader för alla brukade arealer skulle vara ett bra underlag för eventuell utökning av arealen eller för att bedöma lönsamheten för de arealer som brukas idag.

4 Resultat

4.1 Uppskattning av transportarbete inom svenskt jordbruk

I detta avsnitt sammanfattas resultatet av den uppskattning som gjordes i projektet av transportarbetets storlek på nationell nivå. En utförligare beskrivning av arbetet finns i bilaga 3. Transporterna till och från gården utförs ofta av transportörer utanför jordbruket och återfinns i statistiken från Trafikverket i sektorn inrikes transporter (Trafikanalys, 2014). Där ingår gods från jordbruket som spannmål, potatis, grönsaker, sockerbetor, oljefrön, levande djur, livsmedel och djurfoder. Dessa varugrupper utgör 13 % av den totala transporterade vikten i Sverige (Vierth m.fl., 2012). Enligt Trafikanalys (2014) var mängden transporterat gods år 2013 med ursprung från jordbruk och fiske 11 540 kton (Tabell 6)

Tabell 6. Transporterad mängd, medellast samt medelsträcka för inrikes godstransporter av produkter från jordbruk och fiske, och transport av andra varugrupper använda inom jordbruket med svenska bilar (Trafikanalys, 2014) samt transportarbete allokerat till jordbruk.

	Jordbruk och fiske	Flytande bränslen	Kemikalier	Övriga produkter	Enhet
Transporterad mängd	11 540 000	269 000	654 000	241 000	ton
Medellast	21	24	18	19	ton
Medelsträcka	120	101	169	87	km

Enligt Vierth m fl. (2012) transporteras i stort sett allt gods med ursprung från jordbruk, skogsbruk och fiske med inhemska lastbilstransporter (93 %) och endast en mindre andel transporteras med båt (2 %) och järnväg (3 %). Ca 2 % transporteras på ett okänt vis, troligen en kombination av olika transportsätt. Enligt Trafikanalys (2012) utgjorde inrikes godstransporter med fartyg av varor från jordbruk, skogsbruk och fiske ca 5 % av totalt transporterad mängd. För inrikes godstransporter med järnväg utgör jordbruk, skogsbruk och fiske 12 % av den transporterade mängden gods (Trafikanalys, 2012).

Tabell 7. Årlig dieselanvändning, energianvändning, klimatpåverkan och total kostnad för transporter till och från jordbruk, mellan gårdar och inom gård i Sverige.

Transport	Volym diesel	Energi	Klimatpåverkan	Kostnad
	(m ³)	(GWh)	(ton CO _{2e})	(Mkr)
Transporter till & från gårdar	22 000	217 000	61 000	1 500
Transporter inom & mellan gårdar	30 000	292 000	84 000	2 000
Totalt	52 000	509 000	145 000	3 500

Studiens resultat visar på att transporter till och från gårdar är i samma storleksordning som transporter inom och mellan gårdar (Tabell 7). Transporter inom gårdar utgörs i studien av de största flödena som är transport av spannmål, ärtor,

oljeväxter, sockerbetor och potatis, samt transport av stallgödsel från gård till fält, transport av vall och halm från fält till gård. Transporter mellan gårdar består av transport av djur och foder.

Kostnaden påverkas av många olika faktorer som till exempel godsets skrymdensitet, transportavstånd, eventuell returtransport, vilket typ av ekipage, tid för att lasta och lossa etc. Kostnaden för transporter till och från gård med lastbil beräknades till mellan 100 och 130 kr/ton. För transporter inom och mellan gårdar varierade transportkostnaderna än mer. Beroende på vad som transporteras och hur transporten sker identifierades en variation från ca 20 kr/ ton upp till så mycket som 3 200 kr/ ton (lös hackad halm). Den totala kostnaden uppskattades till i storleksordningen 3,5 miljarder kr per år för de i denna studie identifierade transportererna.

4.2 Analys av gårdarnas transportarbete

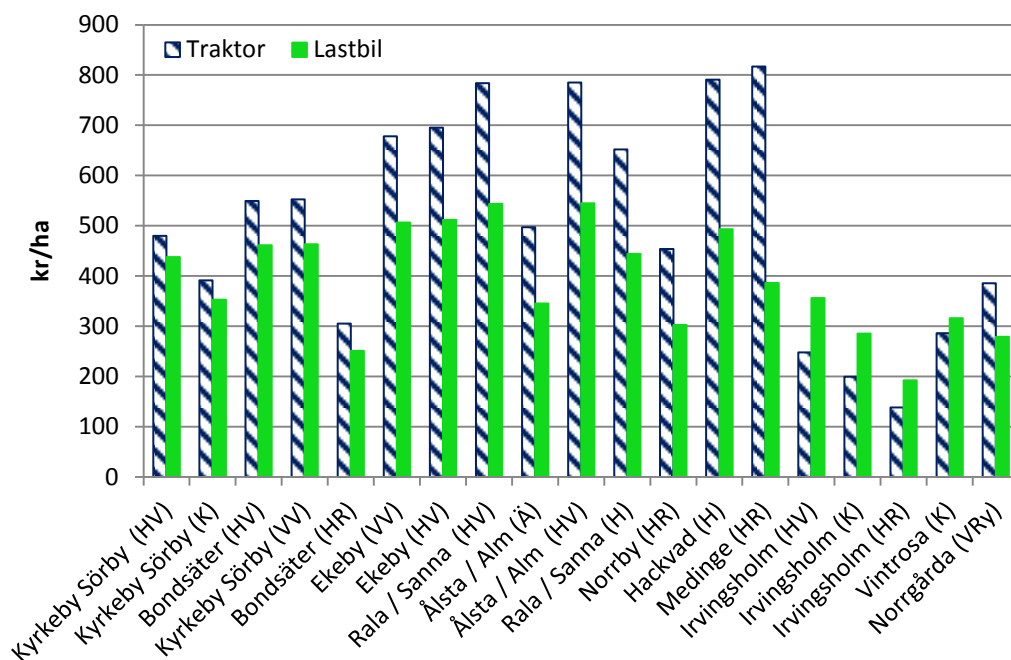
4.2.1 Kyrkeby

Kyrkebys åkerareal på 2 039 ha delades in i kluster och transportarbete, kostnader och dieselförbrukning beräknades för transporter av spannmål med traktor respektive lastbil. Spannmålen i klustren Irvingsholm, Vintrosa och Norrgårda lagrades i Irvingsholm och förbrukades där medan spannmål från övriga kluster mellanlagrades i Kyrkeby innan vidare transport till spannmålmottagning i Kumla.

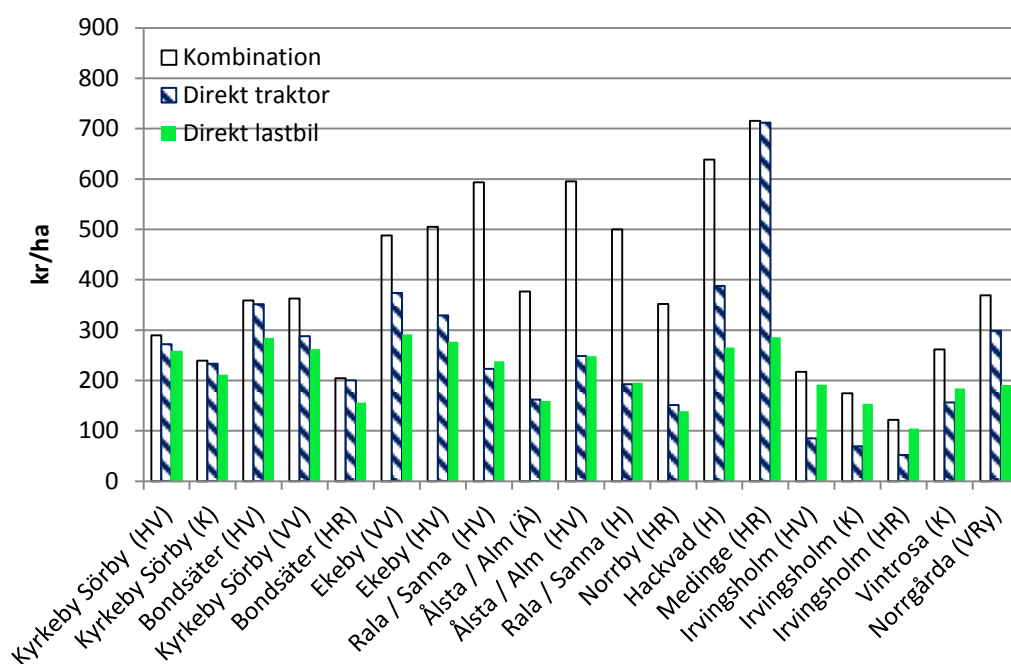
Det totala transportarbetet beräknades till ca 230 000 tonkm/år. I bilaga 2 visas tabeller med avstånd och transportarbete för de olika klustren. Av Figur 5 och Figur 6 framgår att endast för klustren Irvingsholm och Vintrosa, där spannmålen förbrukas på klusteret och inte transporteras vidare till spannmålmottagningen i Kumla, var traktortransport billigare än transport med lastbil. Transport med lastbil hade lägre dieselförbrukning per hektar för samtliga kluster (Figur 7). Skillnaden mellan transportkostnader med lastbil och traktor ökade med transportavståndet från kluster till lager.

Figur 6 visar kostnaderna för alternativet kallat Kombination vilket innebär att traktor används för transporten från kluster till mellanlager och lastbil för den vidare transporten till spannmålmottagningen. I beräkningarna antogs att transporten från fält till plats för omlastning till lastbil gjordes med traktor. Genom att köra med traktor ända från fält till mellanlager undviks denna omlastning vilket spar tid och pengar och gjorde alternativet Kombination kostnadsmässigt intressant för klustren med kort avstånd till lager.

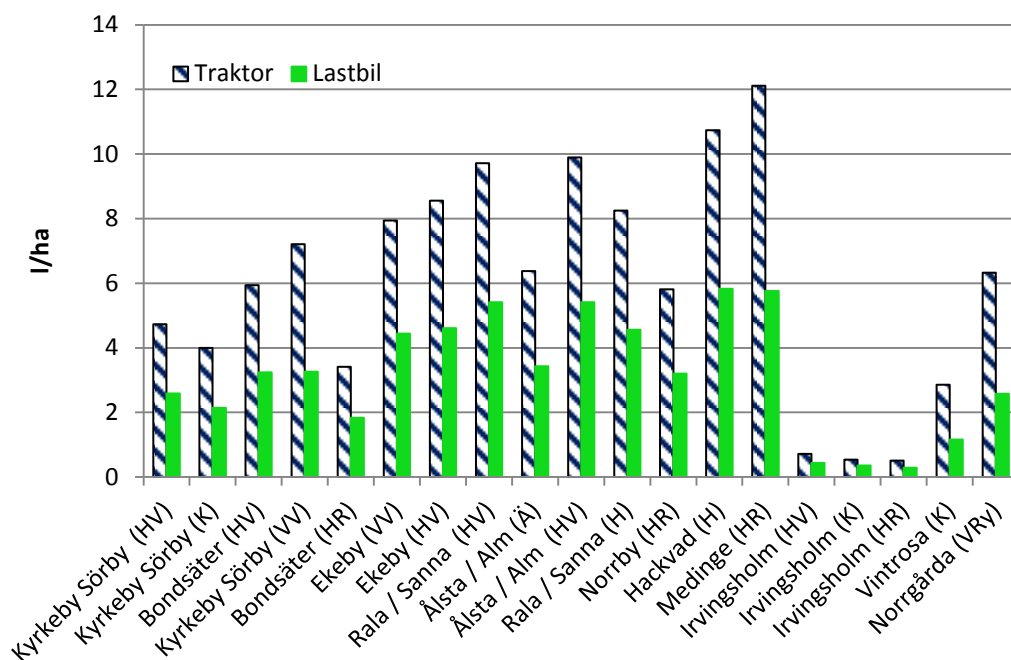
Ett alternativ som för de flesta klustren gav lägre kostnader var att köra spannmålen direkt från kluster till spannmålmottagning i Kumla utan mellanlagring. Detta gällde speciellt för klustren där mellanlagringen medförde längre totalt transportavstånd jämfört med direkttransport, till exempel Rala/Sanna och Ålsta/Alm. För klustret Medinge med längst transportavstånd var kostnadskillnaden mellan att använda lastbil och traktor som störst både vid transport via mellanlager och vid direkttransport till spannmålmottagning.



Figur 5. Kostnader i kr/ ha för transporter med traktor och lastbil för Kyrkeby Egendom från kluster till spannmålsmottagning i Kumla via mellanlager i Kyrkeby förutom för spannmålen från klustren i Irvingholm, Vintrosa och Norrgårda som kördes till Irvingholm och förbrukas där.



Figur 6. Kostnader i kr/ha för transporter för Kyrkeby Egendom. Kombination innebär traktortransport från kluster till mellanlager följt av lastbilstransport från mellanlager till spannmålsmottagning i Kumla. Direkt traktor respektive lastbil innebär direkttransport från kluster till spannmålsmottagning.



Figur 7. Dieselförbrukning i l/ha för transporter med traktor och lastbil för Kyrkeby Egendom från kluster till spannmålmottagning i Kumla via mellanlager i Kyrkeby förutom för spannmålen från klustren i Irvingholm, Vintrosa och Norrgårda som körs till Irvingholm och förbrukas.

Av de årliga transportkostnaderna för Kyrkeby Egendom framgår av Tabell 8 att det billigaste transportalternativet var att välja transport med lastbil direkt till spannmålmottagning i Kumla. Det är också det bästa valet med avseende på dieselförbrukning. Kostnaderna för att använda direkttransport med traktor är dock endast något högre.

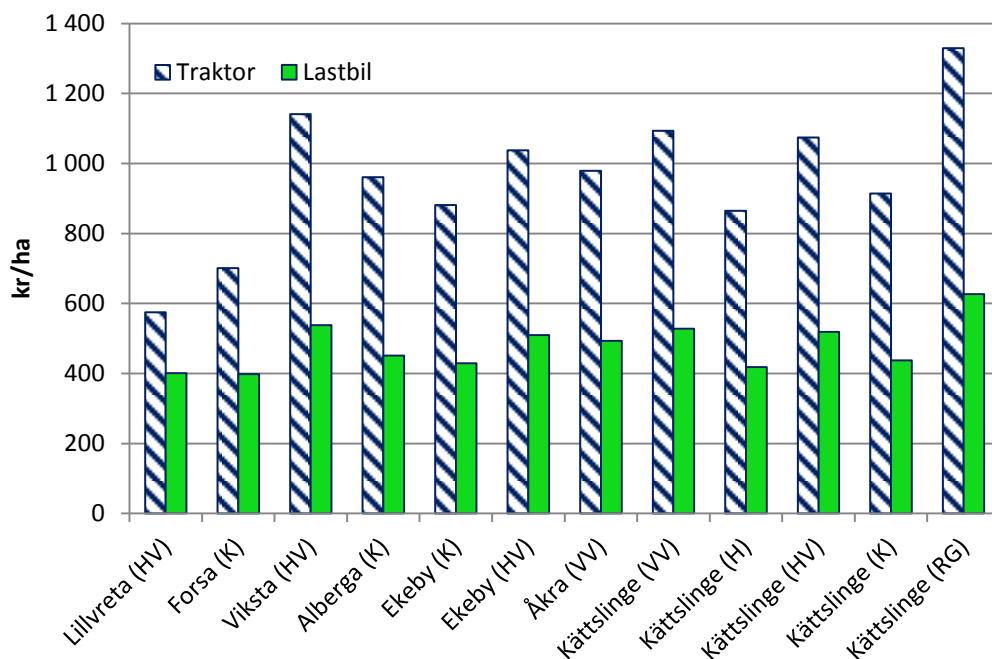
Tabell 8. Transportkostnader, dieselförbrukning och klimatpåverkan per år för Kyrkeby Egendom för undersökta transportalternativ till spannmålmottagning via mellanlager med traktor eller lastbil, med en kombination av traktor till mellanlager och lastbil till spannmålmottagning samt direkt till spannmålmottagningen med lastbil eller traktor.

	Kostnader (kr/år)	Dieselförbrukning (l/år)	Klimatpåverkan (kg CO _{2e} /år)
Traktor	1 035 718	11 920	33 377
Lastbil	827 408	6 318	17 690
Kombination	770 982	9 265	25 941
Lastbil direkt	438 676	3 639	10 190
Traktor direkt	463 401	6 657	18 638

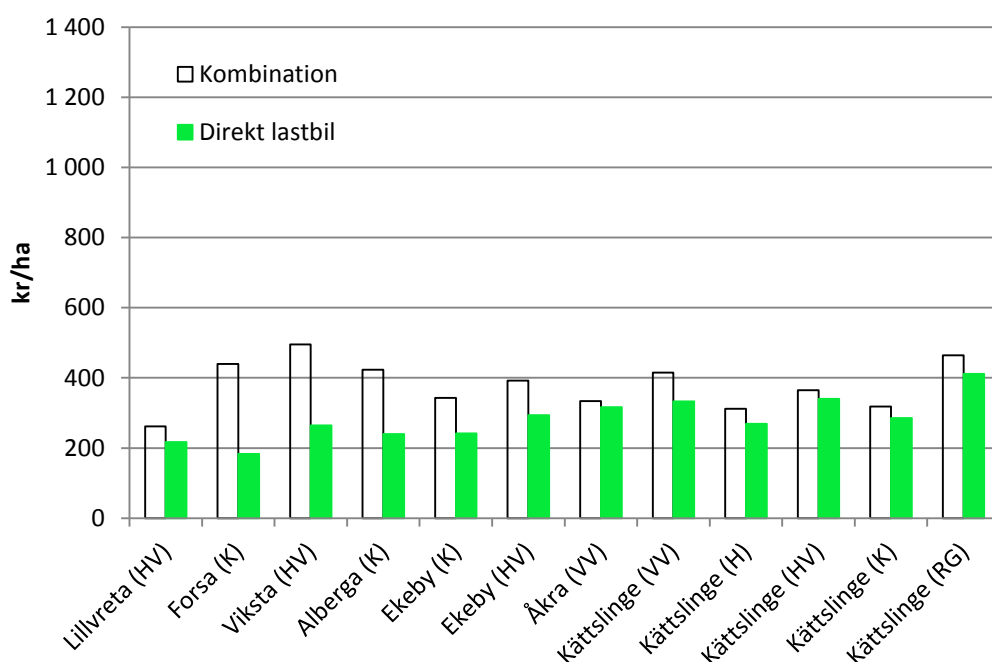
4.2.2 Lillvreta gård

Lillvretas åkerareal på 749 ha delades in i kluster och transportarbete, kostnader och dieselförbrukning beräknades för transporterna av spannmål med traktor och lastbil från klustren via mellanlager till spannmålmottagningen i Uppsala. Spannmålen från klustret Kättslinge mellanlagras i Kättslinge, spannmål från klustren Åkra, Ekeby, Alberga och Viksta mellanlagras i Åkra och spannmål från Forsa och Lillvreta mellanlagras i Lillvreta. Det totala transportarbetet beräknades till ca

175 000 tonkm/år via mellanlager och 163 000 tonkm/ år vid direktleverans. I bilaga 2 visas tabeller av avstånd och transportarbete för de olika klustren.



Figur 8. Kostnader i kr/ha för Lillvreta gård för transporter med traktor och lastbil från kluster till spannmålsmottagning i Uppsala via mellanlager.

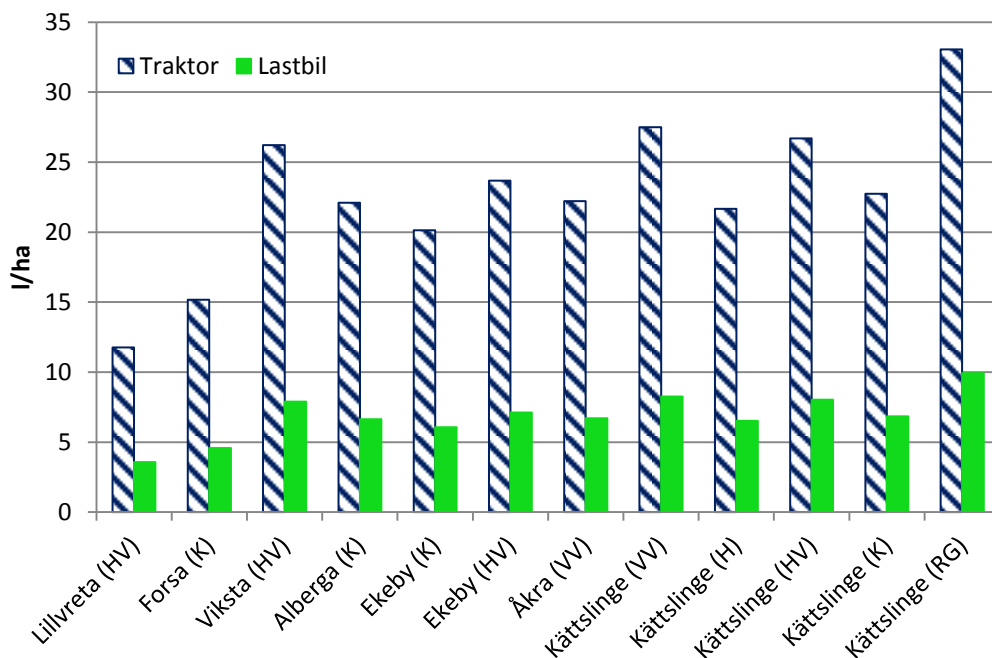


Figur 9. Kostnader i kr/ha för Lillvreta gård för transporter enligt alternativet Kombination som innebär traktortransport från kluster till mellanlager följt av lastbilstransport till spannmålsmottagning i Uppsala samt lastbilstransport direkt från kluster till spannmåls-mottagning i Uppsala.

Kostnadsskillnaden mellan att använda lastbil och traktor var störst för de klustren som ligger längst bort från spannmålsmottagningen i Uppsala samt när avstånden från kluster till mellanlager är långa (Figur 8). Det var också för klustren med längst transportavstånd mellan kluster och mellanlager (Figur 9), i Forsa, Viksta

och Alberga, som kostnadsbesparingen av att leverera spannmålen direkt från kluster till spannmålsmottagning i Uppsala var störst.

Dieselförbrukningen per ha var också betydligt lägre vid lastbilstransport jämfört med vid traktortransport (Figur 10).



Figur 10. Dieselförbrukning i l/ha för Lillvreta gård för transporter med traktor och lastbil från kluster till spannmålsmottagning i Uppsala via mellanlager.

Om kostnaderna beräknades för hela gården per år framgår av Tabell 9 att det billigaste transportalternativet var att välja transport med lastbil direkt till spannmålsmottagning i Uppsala. Det är också det bästa valet med avseende på dieselförbrukning.

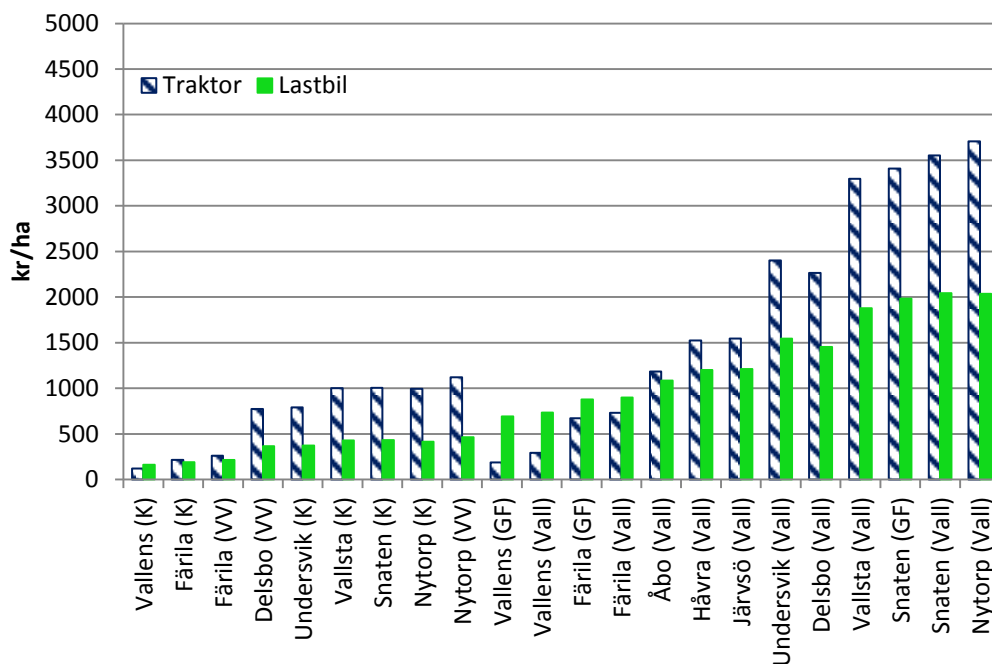
Tabell 9. Transportkostnader, dieselförbrukning och klimatpåverkan per år för Lillvreta gård för undersökta transportalternativ till spannmålsmottagning via mellanlager med traktor eller lastbil, med en kombination av traktor till mellanlager och lastbil till spannmålsmottagning samt direkt till spannmålsmottagning med lastbil.

	Kostnader (kr/år)	Dieselförbrukning (l/år)	Klimatpåverkan (kg CO _{2e} /år)
Traktor	676 681	16 304	45 652
Lastbil	276 413	4 912	13 755
Kombination	260 863	5 666	15 865
Lastbil direkt	214 786	4 544	12 724

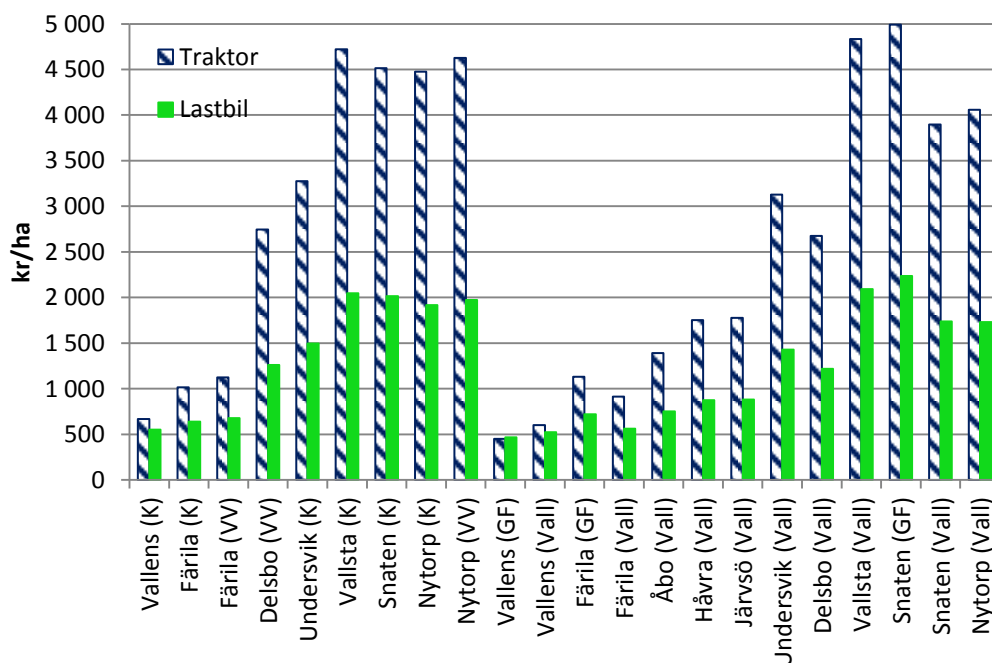
4.2.3 Vallens gård

För Vallens gård beräknades kostnader och dieselförbrukning för transport från kluster till brukningscentrum på Vallens för grödor från 1070 ha samt för flytgödsel. Transportavståndet varierade från 3-50 km, se bilaga 2. Det totala transportarbetet beräknades till ca 490 000 tonkm/ år för grödorna och 920 000

tonkm/år för gödseln. I bilaga 2 visas tabeller av avstånd och transportarbete för de olika klustren.



Figur 11. Kostnader i kr/ha för transporter av gröda med traktor och lastbil från kluster till brukningscentrum på Vallens.

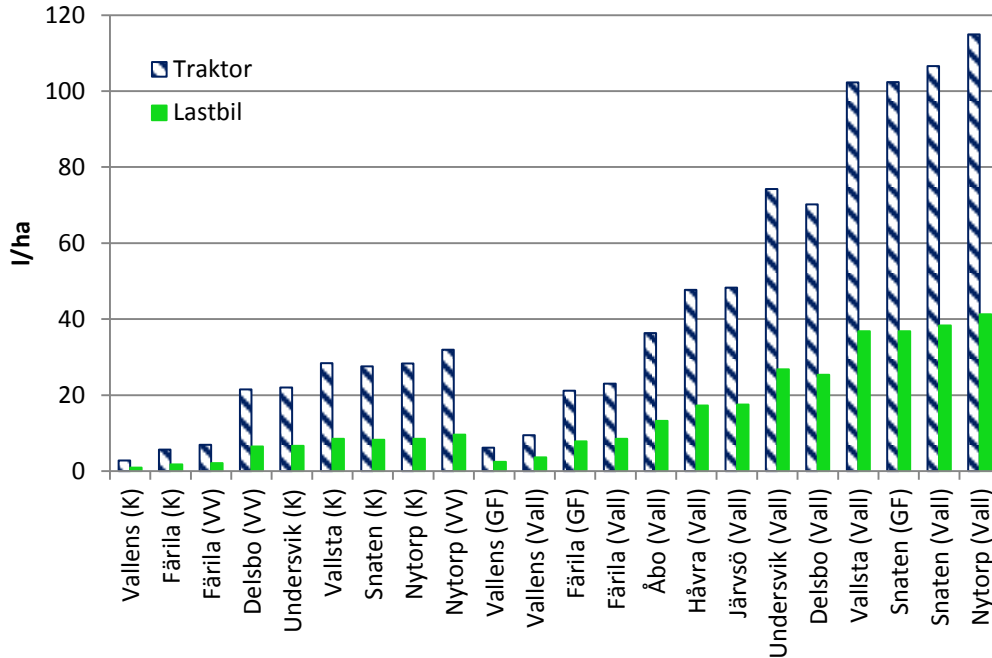


Figur 12. Kostnader i kr/ha för vallens gård för transporter av gödsel med traktor och lastbil från brukningscentrum på Vallens till klustren.

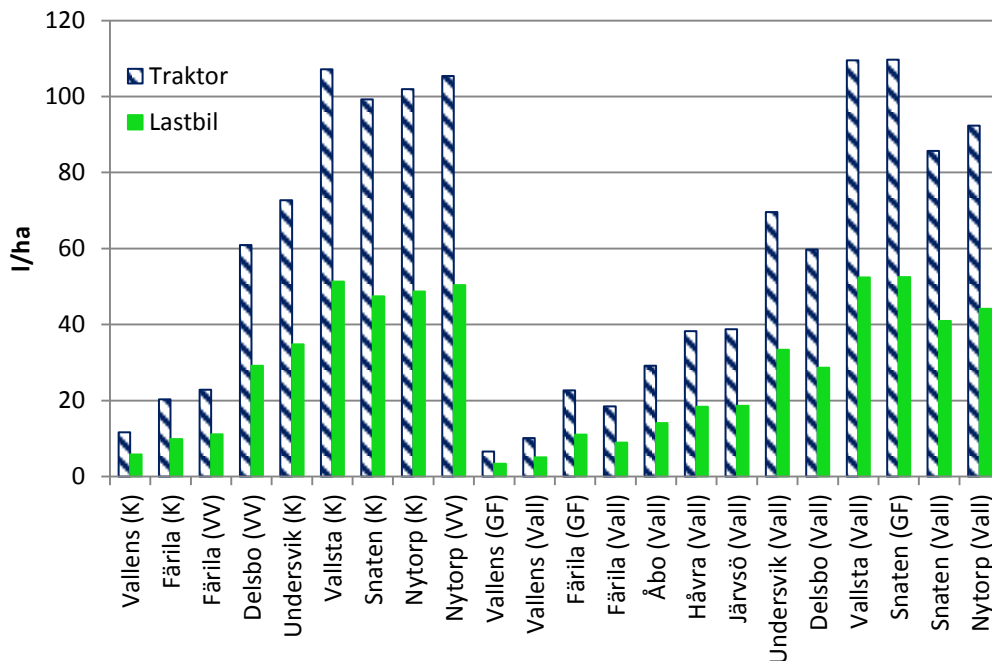
För transport av vall var traktor billigare än lastbil för klustren inom 10 km transportavstånd från brukningscentrum, dvs. Vallens och Färila. För spannmåls-transporterna var lastbil billigare än traktor för alla kluster förutom Vallens (Figur

11). För gödseltransporter var enligt Figur 12 traktor ett billigare alternativ än lastbil endast för gödsling av vall på Vallens.

Dieselförbrukningen per ha var lägre vid lastbilstransport än vid traktortransport för alla kluster (Figur 13 och Figur 14).



Figur 13. Bränsleförbrukning i l/ha för Vallens gård för traktor och lastbil för transport av gröda från kluster till brukningscentrum på Vallens.



Figur 14. Bränsleförbrukning i l/ha för vallens gård för traktor och lastbil för transport av gödsel från brukningscentrum på Vallens till klustren.

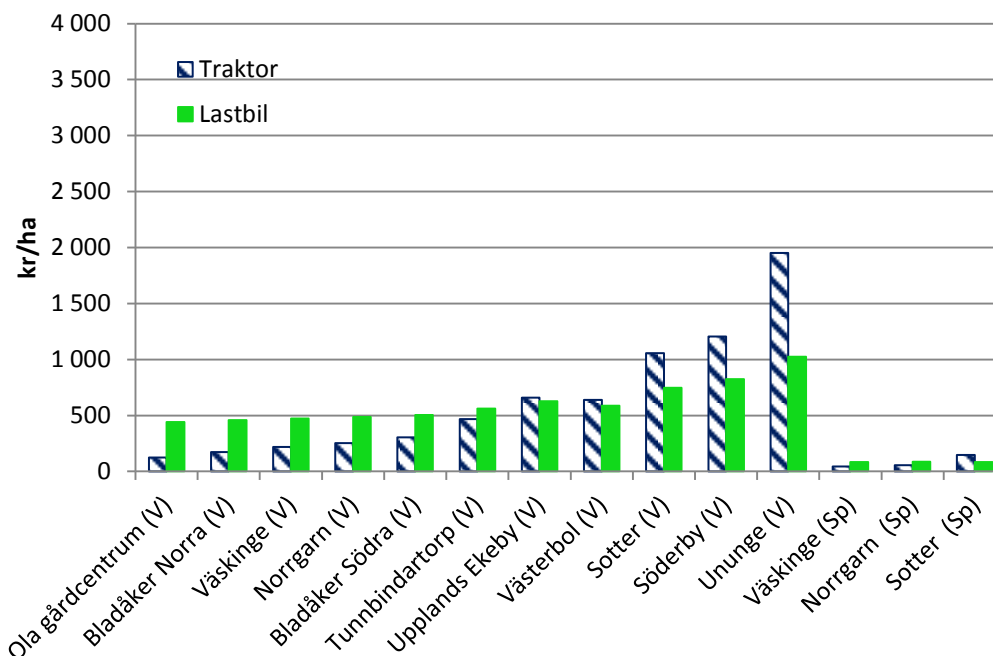
Om det billigaste alternativet av traktor- eller lastbilstransport valdes för varje kluster, optimalt val i Tabell 10, resulterade det i att totala kostnaderna per år för grödorna sjönk med 11 % jämfört med att endast köra med lastbil.

Tabell 10. Transportkostnader, dieselförbrukning och klimatpåverkan per år för Vallens gård för undersökta transportalternativ med traktor och lastbil av vall respektive gödsel från kluster till brukningscentrum på Vallen, samt när billigaste alternativ väljs för varje kluster (optimalt val)

	Gröda			Gödsel		
	Kostnader (kr/år)	Dieselförbrukning (l/år)	Klimatpåverkan (kg CO _{2e} /år)	Kostnader (kr/år)	Dieselförbrukning (l/år)	Klimatpåverkan (kg CO _{2e} /år)
Traktor	1 421 061	43 044	120 522	2 535 292	55 395	155 107
Lastbil	1 015 104	15 174	42 487	1 228 386	26 610	74 508
Optimalt val	908 492	18 485	51 758	1 227 888	26 706	74 777

4.2.4 Ola gård

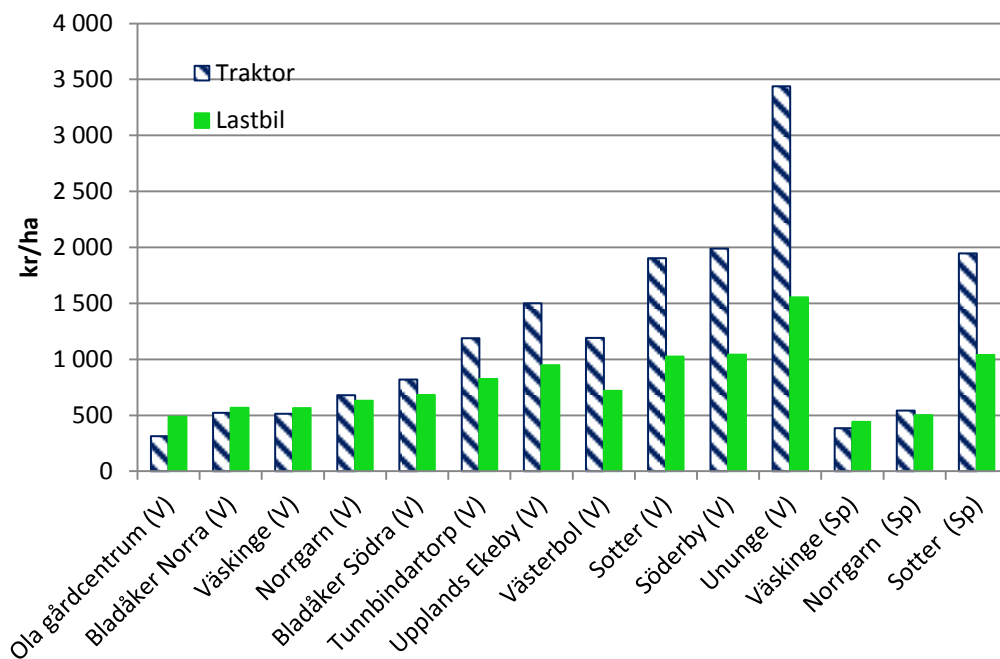
För Ola gård beräknades kostnader och dieselförbrukning för transport från kluster till brukningscentrum på Ola för grödor odlade på 580 ha samt för flytgödsel. Transportavståndet varierade från 1-35 km. Det totala transportarbetet beräknades till ca 96 000 tonkm/år för grödorna och 285 000 tonkm/år för gödseln. I bilaga 1 visas tabeller av avstånd och transportarbete för de olika klustren.



Figur 15. Kostnader i kr/ha för Ola gård för transporter av gröda med traktor och lastbil från kluster till brukningscentrum på Ola.

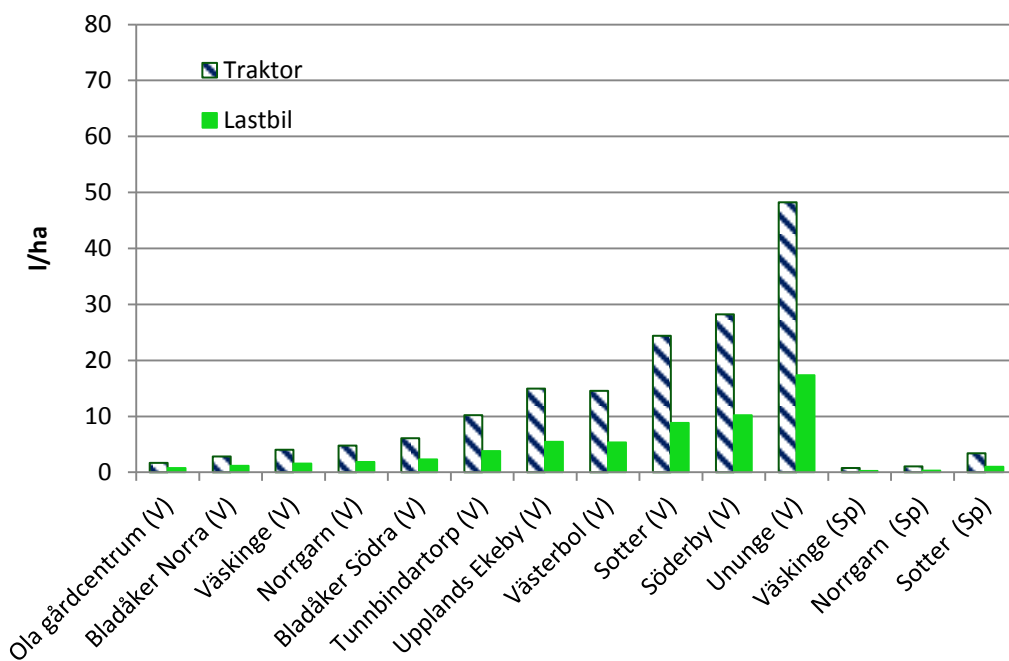
För Ola gård hade transport av vall med traktor lägre kostnader än lastbilstransport för klustren närmast brukningscentrum på Ola. För klustret Upplands Ekeby och de med längre transportavstånd var kostnaderna för lastbilstransport

lägre, se Figur 15. För spannmålstransporterna var lastbil ett billigare alternativ än traktor endast för klustret i Sotter.



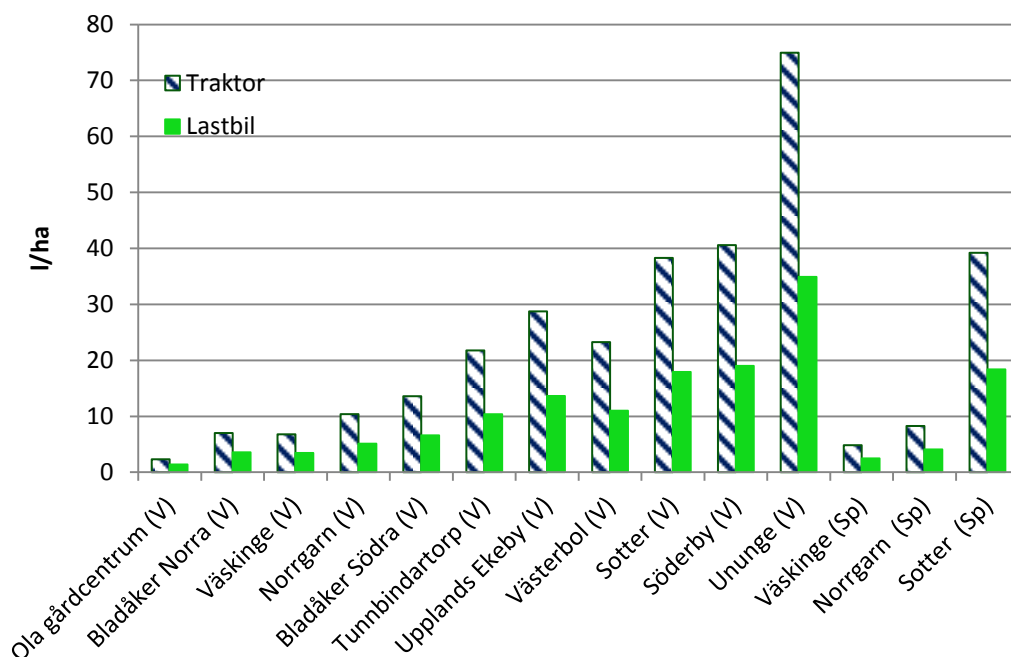
Figur 16. Kostnader i kr/ha för Ola gård för transporter av gödsel med traktor och lastbil från brukningscentrum på Ola till klustren.

För gödsel gick brytpunkten för när lastbilstransport hade lägre kostnader än traktortransport redan vid klustret i Väskinge med 2,5 km transportavstånd till lager (Figur 16).



Figur 17. Bränsleförbrukning i l/ha för Ola gård för traktor och lastbil för transport av gröda från kluster till brukningscentrum på Ola.

Dieselförbrukningen per ha var lägre vid lastbilstransport än vid traktortransport för alla kluster (Figur 17 och Figur 18).



Figur 18. Bränsleförbrukning i l/ha för Ola gård för traktor och lastbil för transport av gödsel från brukningscentrum på Ola till klustren.

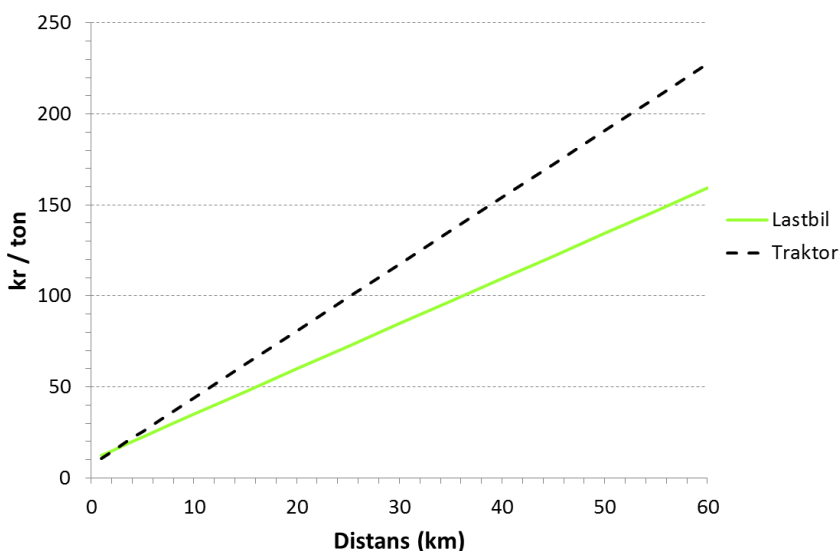
Om det billigaste alternativet av traktor- eller lastbilstransport valdes för varje kluster på Ola gård, optimalt val i Tabell 11, resulterade det i att totala kostnaderna per år för grödorna sjönk med 16 % jämfört med att endast köra med lastbil. För gödseltransporterna sjönk motsvarande kostnad endast med 3 %.

Tabell 11. Transportkostnader, dieselförbrukning och klimatpåverkan per år för Ola gård för undersökta transportalternativ med traktor och lastbil av vall respektive gödsel från kluster till brukningscentrum på Ola samt när billigaste alternativ väljs för varje kluster (optimalt val).

	Gröda			Gödsel		
	Kostnader (kr/år)	Dieselförbrukning (l/år)	Klimatpåverkan (kg CO ₂ e/år)	Kostnader (kr/år)	Dieselförbrukning (l/år)	Klimatpåverkan (kg CO ₂ e/år)
Traktor	362 531	8 382	23 470	872 427	17 111	47 910
Lastbil	308 783	3 040	8 513	521 558	8 082	22 630
Optimalt val	258 018	3 529	9 881	507 632	8 388	23 487

4.3 Separering av flytgödsel

Flytgödsel innehåller värdefulla växtnäingsresurser, men också innehåller också 88-95 % vatten och det gör flytgödsel till ett ganska lågkoncentrerat gödselmedel. Detta gör att transport- och spridningskostnad för flytgödsel ökar snabbt med avståndet (Figur 19). Närmast gårdscentrum är traktorn billigast för transport, men redan vid knappt 3 km blir det billigare med lastbilstransport.



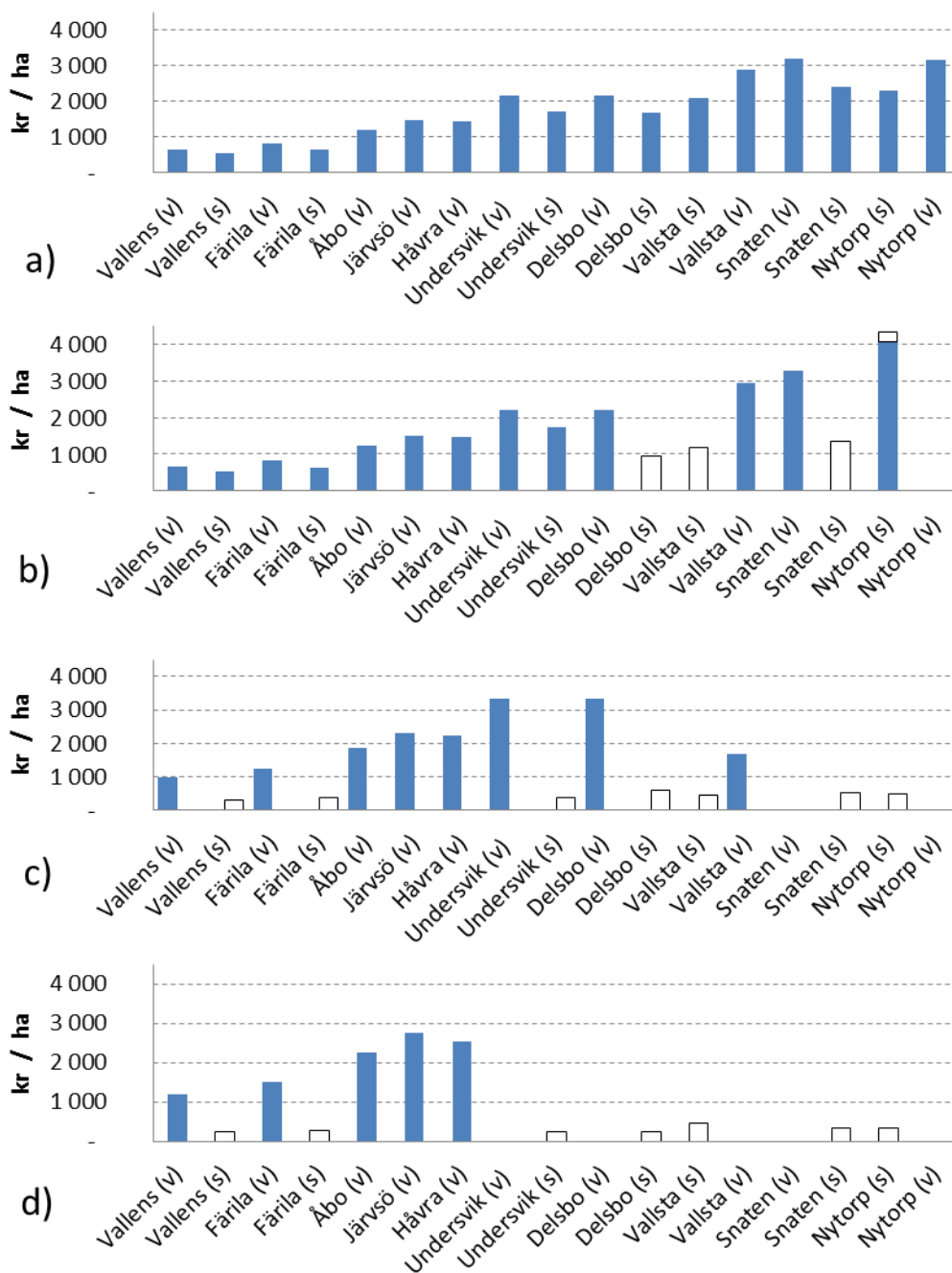
Figur 19. Transport- och spridningskostnader för flytgödsel där transporten utförs av traktor alternativt lastbil.

Även den enklaste av de tre separeringstekniker som simulerades för Vallens gård (skruvpress) påverkade gårdens möjligheter att sprida gödseln och ledde till en total kostnadsbesparing för transport och spridning jämfört med ingen separering

Tabell 12 och Figur 20). Centrifug och mekanisk-kemisk separering ledde till ännu större besparingar i transport- och spridningskostnader.

Tabell 12. Kostnaden för transport och spridning av gödsel med olika separeringsscenarioer. Flytgödselscenariot är utan separering. "Fast kvar" avser mängden fast fraktion som är kvar efter spridning enligt vårt modellantagande. Besparing är jämfört med kostnaden i flytgödselscenariot.

Scenario	Flytande (kr)	Fast (kr)	Summan (kr)	Fast kvar (ton)	Besparing (%)
Flytgödsel	1 719 648		1 719 648		
Skruvpress	1 507 764	127 295	1 635 059	0	5 %
Centrifug	943 378	163 755	1 107 133	485	36 %
Mekanisk-Kemisk	742 221	92 879	835 100	2060	51 %

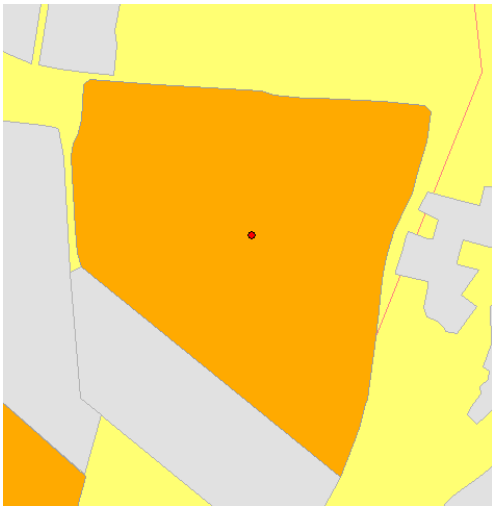


Figur 20. Transport- och spridningskostnad för gödsel i kr per hektar för Vallens gård för vall (v) och spannmål (s) för a) vanlig flytgödsel, b) skruppresseparering, c) centrifugseparering och d) mekanisk-kemisk separering. Blå stapel är flytande gödsel och vit är den separerade fasta fraktionen.

4.4 Användning av transportplaneringsverktyg

Det fall som testades i projektet var transport av spannmål från fält till egen spannmålssilo på Kyrkeby egendom. Idag använder Kyrkeby tre tröskor med 25, 35 respektive 40 fots skärbord. De två största tröskorna körs oftast på samma åker, medan 25-fotströskan används på åkrarna runt Irvingsholm. Det som testades i detta projekt var vilket transportbehov som trösklaget med de två tröskorna behöver för att tröskorna inte ska behöva vänta på att få tömma sina spannmålstankar och därmed minska sin produktivitet. Den direkta frågeställningen var hur många traktor- eller lastbilsekipage av olika storlek som behövs för att transportera spannmål från fält på olika avstånd från gården.

För transportererna används idag tre traktorekipage med en eller två vagnar med en maximal kapacitet på 50 m³ spannmål. I simuleringen har fordonslassen antagits vara i trösktankmultiplar, vilket ger att en enkelvagn antagits lasta 18 ton (två trösktankar) och ett ekipage med dubbelvagn 36 ton (fyra trösktankar). När lastbil har simulerats har den också antagits lasta 36 ton. Kyrkeby egendom har testat fältvagn och används därför även i detta test i vissa scenarior. I simuleringen har fältvagnen en kapacitet på 18 ton, vilket är lika med två trösktankar.



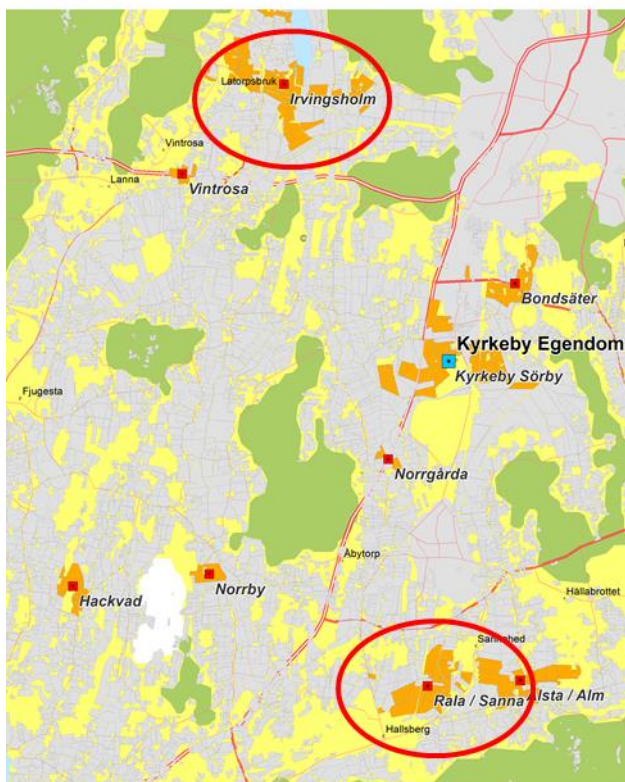
Figur 21. En åker med mittpunkten markerad. I simuleringen av den transportkapacitet som behövs antogs alla transporter från fältet utgå från mittpunkten.

Givet att två skördetröskor på 35 fot respektive 40 fot tröskar på samma fält med en kapacitet av vardera 30 ton/h ger det totalt 60 ton/h, eller en trösktank på 9 ton var 9:e minut. Varje 9-tonspost har en position (mittpunkt åker, se Figur 21) och ett tidsintervall på 2 minuter för att simulera att tröskan måste tömmas direkt när den blir full för att inte tappa i effektivitet. När fältvagn används så har varje post ett tidsintervall på 18 min, eftersom fältvagnen buffrar tömningsbehovet för tröskorna. I transportplaneringsverktyget matas transportbehovet in i form av orderrader, vilka visas i Tabell 13.

Tabell 13. Orderrader för att simulera transportbehov för spannmål från en åker till gården. Varje rad, förutom den sista, innehåller 9 ton vilket ska motsvara en trösktank.

Blockid	Rad-nr	Kvantitet	Gröda	Kluster	Från	Till	Till2 (fältvagn)
65514627470A	1	9	Havre	Rala / Sanna	20:15	20:17	20:33
65514627470A	2	9	Havre	Rala / Sanna	20:24	20:26	20:42
65514627470A	3	9	Havre	Rala / Sanna	20:33	20:35	20:51
65514627470A	4	9	Havre	Rala / Sanna	20:42	20:44	21:00
65514627470A	5	9	Havre	Rala / Sanna	20:51	20:53	21:09
65514627470A	6	9	Havre	Rala / Sanna	21:00	21:02	21:18
65514627470A	7	9	Havre	Rala / Sanna	21:09	21:11	21:27
65514627470A	8	9	Havre	Rala / Sanna	21:18	21:20	21:44
65514627470A	9	2	Havre	Rala / Sanna	21:27	21:47	21:53

Transportbehovet simulerades för skörd på två brukningsenheter på Kyrkeby egendom; Irvingsholm med korta avstånd från fält runt siloanläggningen på Irvingsholm, respektive Rala/Sanna med längre avstånd till siloanläggningen på Kyrkeby, se Figur 22.



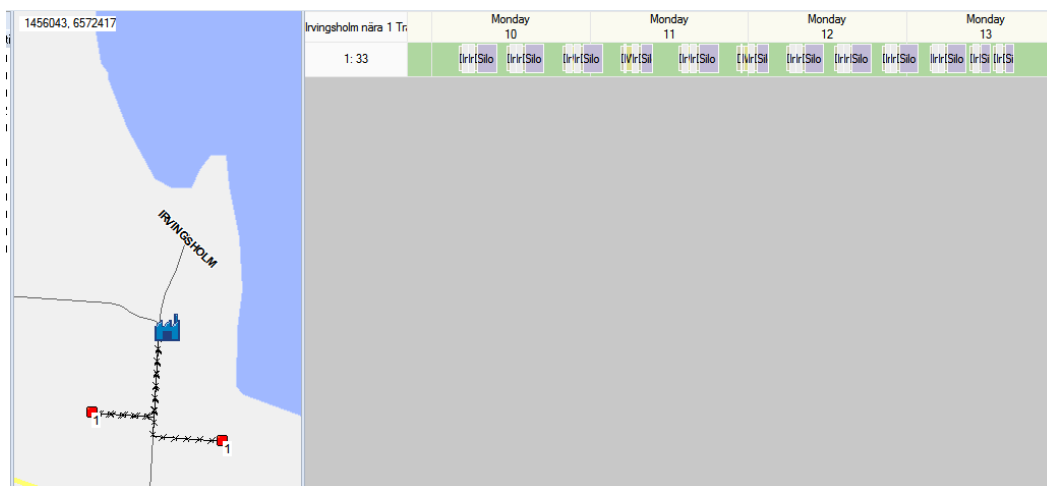
Figur 22. Transporter simulerades från två olika kluster med olika transportavstånd: åkrar nära belägna på Irvingsholm med destination Irvingsholm, samt åkrar i Rala/Sanna med destination Kyrkeby.

Första ansatsen var att verktyget skulle kunna planera upp en hel spannmåls-säsong för Kyrkeby, men det blev alldeles för komplext, varför arbetet koncentrerades till enskilda dagars transportbehov. Vidare testades först helt automatisk

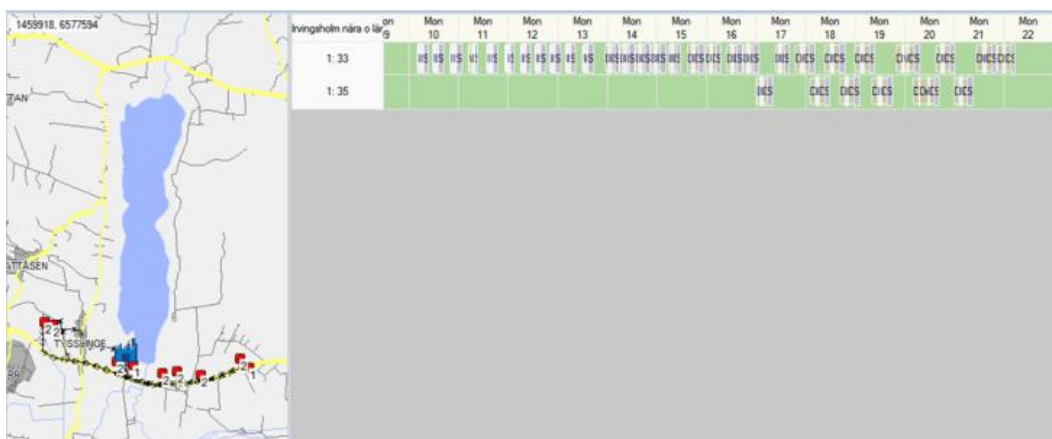
planering – när programmet försöker minimera en parameter, i detta fall tid, sträcka eller kostnad. Utöver det styrs optimeringen av de villkor som satts upp, t.ex. att bara ett fordon kan lossa åt gången i tippgropen på gården, eller att hämtning måste ske inom det tidsintervall som satts upp på respektive lass (order-rad). Den automatiska optimeringen har dock svårt att se det mönster i hämtningen som en manuell planerare vet finns – det vill säga att en tröska måste tömmas innan den kan fortsätta att tröska, vilket gör att det lass som finns i tröskans tank är det som måste hämtas först. För den automatiska optimeringsfunktionen är alla lass lika viktiga och därmed kan lass mitt i en sekvens av lass hoppas över. Med anledning av detta testades olika transportalternativ via manuell planering istället och då visar det sig direkt när ett lass inte hinner hämtas i tid, eftersom programmet då visar ett felmeddelande och den som planerar måste förändra något för att planeringen ska gå att utföra, t.ex. byta till ett större fordon eller lägga till ett fordon i planeringen.

Eftersom planeringen bygger på hur lång tid det tar att köra mellan lastnings- och lossningsplats är det viktigt att det vägnät och att den hastighetsprofil som används är tillräckligt bra. Det vägnät som användes i det här testet var väl grovt och många mindre vägar som går ända ut till åkrarna saknas. Hastighetsprofiler anpassades för lastbil respektive traktor och traktorn fick inte använda motorvägar.

När transporter av spannmål från skördetröskor simulerats i fallet Irvingsholm klarades transporter från de åkrar som ligger närmast silon med ett traktorekipage med 18 tons lastkapacitet, se Figur 23. När ytterligare åkrar, som ligger längre bort, skulle tröskas klarade den ensamma traktorn med enkelvagn inte längre att hålla undan spannmålen, utan simuleringen visade att det tar för lång tid att köra fram och tillbaka till fälten genom att ett felmeddelande om att tidsvillkoren inte klarades av. Ett andra ekipage lades då till vilket ledde till att de gemensamt klarade transportbehovet, se Figur 24.

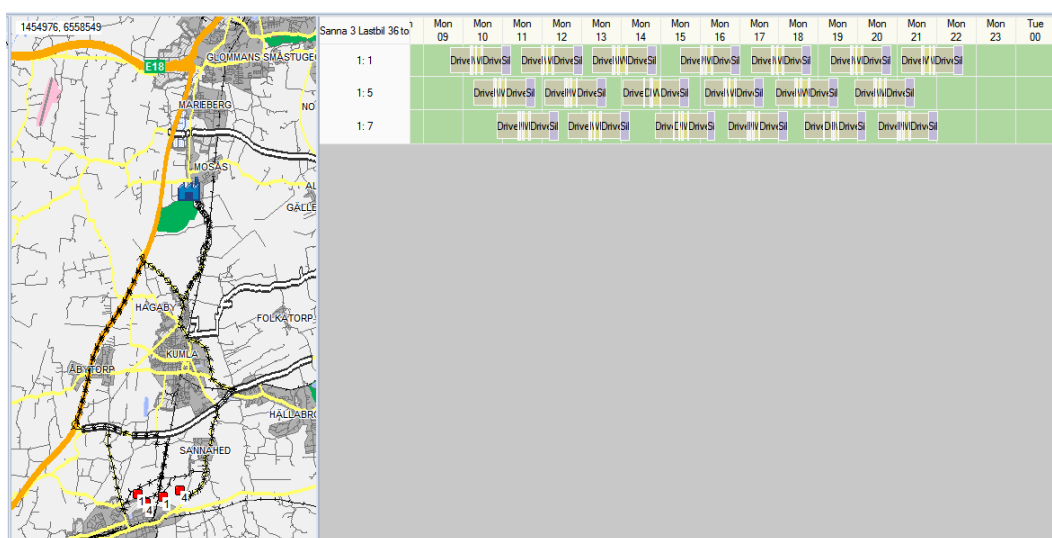


Figur 23. Skärmdump för RoutePlanner. Till vänster visas en karta över var lastning och lossning sker, samt vägen mellan dem. Till höger visas ett gantt-schema över utnyttjandet för transportresurserna. I detta fall klarar en traktor med enkelvagn 18 ton att transportera hem den spannmål som tröskorna tröskat, utan att tröskorna behöver vänta.



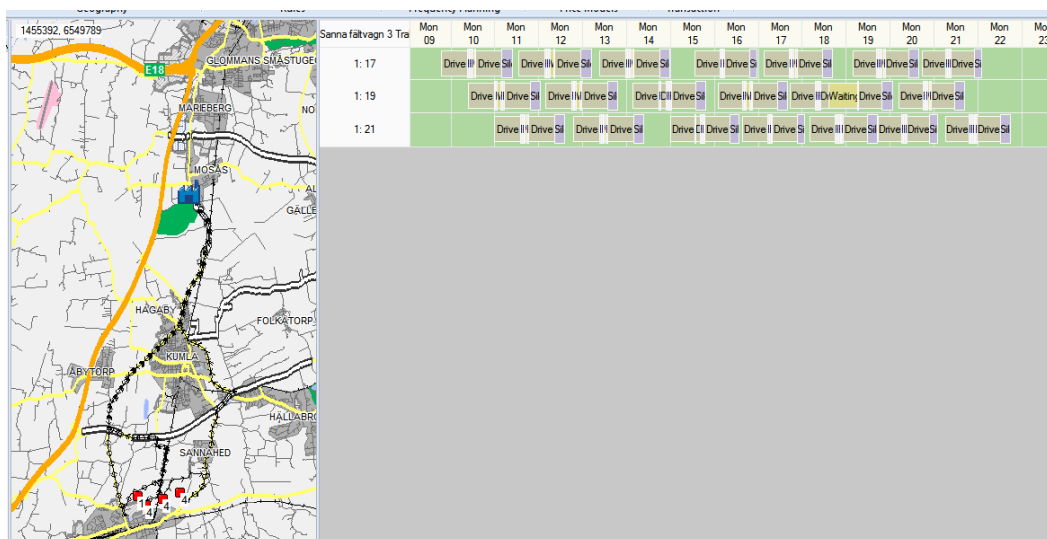
Figur 24. Om ett till traktorekipage läggs till tillgodoses återigen transportbehovet även om åkrar längre bort lagts till och tröskorna behöver inte vänta på att få sina tankar tömda.

Utöver testet med hämtning av spannmål från närbelägna åkrar vid Irvingsholm testades även transporter med längre transportsträcka. I det testet simulerades tröskning av 676 ton vete på åkrar vid Rala/Sanna under en dag med tröskning mellan kl. 10.00 och 21.30. På grund av det längre avståndet testades först tre lastbilar med släp, se Figur 25.



Figur 25. Hämtning av spannmål i Rala/Sanna kan utföras med tre lastbilar med släp med lastförmåga 36 ton utan att tröskorna behöver vänta på att tömma sina tankar.

Om traktor ska användas krävs tre ekipage med två vagnar med lastförmåga 36 ton, samt att en traktor med fältvagn som fungerar som en buffert, för att inte tröskorna ska behöva vänta på att få tömma sina tankar, se Figur 26.



Figur 26. Hämtning av spannmål i Rala/Sanna kan även utföras med tre traktorekipage med vardera två vagnar och total lastförmåga om 36 ton, men bara om man har fältvagn som buffert utan att tröskorna behöver vänta på att tömma sina tankar.

4.5 Skiftning av åkermark

Tidigare i historien har skiftning av åkermark gjorts flera gånger för att effektivisera jordbruket. Då var det fråga om gigantiska projekt där till och med byar delades upp och gårdar flyttats till centrum för de åkrar som gården tilldelats. De skiftesreformer som utförts i modern tid är storskifte, enskifte och laga skifte (Larsson, 1997). Dessa var en förutsättning för att man idag kan odla åkermarken rationellt. I och med den fortsatta strukturrationaliseringen inom jordbruket där gårdar som blir större ofta inte kan öka med mark som ligger närmast den egna marken, ökar möjligheterna till en effektivisering av jordbruksproduktionen genom skiftning av åkermark.

För de gårdar som kartlagts i projektet är skiftning av åkermark troligen särskilt gynnsamt eftersom de vuxit kraftigt de senaste åren och i högre grad än andra gårdar ökat spridningen av åkermarken geografiskt med relativt sett längre transportavstånd som följd. I Tabell 14 visas de nuvarande snittavstånden till åkermarken för de kartlagda gårdarna.

Tabell 14. Areal och snittavstånd till åkermarken för de kartlagda gårdarna och i några fall olika scenarior. Även arealviktat snittavstånd har beräknats. Ola gård visas inkl. och exkl. den nya marken i Ununge.

Gård	Scenario	Areal (ha)	Snittavstånd åker (km)	Arealviktat snittavstånd åker (km)
Vallens gård	Vallens gård	1 070	28,3	25,6
Ola gård	Inkl. Ununge	580	9,5	12,6
Ola gård	Exkl. Ununge	504	7,6	9,2
Lillvreta gård	Gårdscentrum	749	25,6	25,1
Lillvreta gård	Mellanlager	749	4,3	2,8
Kyrkeby egendom	Kyrkeby resp. Irvingsholm	2 039	12,2	9,9

Nyckeltalen visar att Olas arealviktade avstånd till åkermarken ökar med 30 % i och med utökningen med marken i Ununge. För Lillvreta visas nyckeltalen beräknade mot gårdscentrum, samt mot de mellanlagars som används, för att visa att även om Lillvreta är spridd geografiskt, så är medelavstånden till åkermarken korta för de stora godsflödena insatsvaror och spannmålsskörd, se Tabell 14.

För Vallens gård (Figur 27) skulle det innebära mycket stor effektivisering av transporter om gårdens åkermark kunde skiftas. Kostnaderna för transporter av vall skulle minska med 65 % till 500 kr/ha, vilket för hela gården innebär ca 1 miljon kr per år, se Tabell 15.



Figur 27. Skiftning av Vallens gård. Figuren visar alla åkermark i området (grått), åkermark som Vallens gård brukar idag (orange), samt simulering av Vallens gård med skiftad areal (grönt).

Vid en skiftning skulle bränslebehovet för transporter av vall minska med 11,3 m³ per år eller med 50 %. Motsvarande minskning av koldioxidekvivalenter är knappt 32 ton per år.

Tabell 15. Utfall för transporter av vall om Vallens gård skulle kunna skifta arealen till de åkrar som ligger närmast gården. I Nuvarande används lastbil och i Skiftning används traktor eftersom det är billigast.

Scenario	Avstånd (km)	Lastbil 31 ton (kr/ha)	Traktor 13 ton (kr/ha)	Lastbil (l/ha)	Traktor (l/ha)
Nuvarande	25,6	1477	2441	21	58
Skiftning	4,5	786	514	4	11



Figur 28. Skiftning av Ola gård. Figuren visar alla åkermark i området (grått), åkermark som Ola gård brukar idag (orange), samt simulering av Ola gård med skiftad areal (grönt). Ununge är de åkrar som ligger strax ovanför beskrivningen.

För Ola gård (Figur 28) skulle det innebära ännu större effektivisering av transporterna än för Vallens gård om gårdens åkermark kunde skiftas. Kostnaderna för transporter av vall skulle minska med 70 % till 200 kr/ha, vilket för hela gården innebär 280 000 kr per år, se Tabell 16.

Vid en konsolidering skulle bränslebehovet för transporter av vall minska med knappt 2 m³ per år eller med nästan 50 %. Motsvarande minskning av koldioxidutsläpp är drygt 5 ton per år.

Tabell 16. Utfall för transporter av vall om Ola gård skulle kunna skifta arealen till de åkrar som ligger närmast gården. I Nuvarande används lastbil och i Skiftat används traktor eftersom det är billigast.

Scenario	Avstånd (km)	Lastbil 31 ton (kr/ha)	Traktor 13 ton (kr/ha)	Lastbil (l/ha)	Traktor (l/ha)
Nuvarande inkl. Ununge	12,6	693	827	7	19
Nuvarande exkl. Ununge	9,2	621	624	5	14
Skiftat	2,3	471	207	2	4



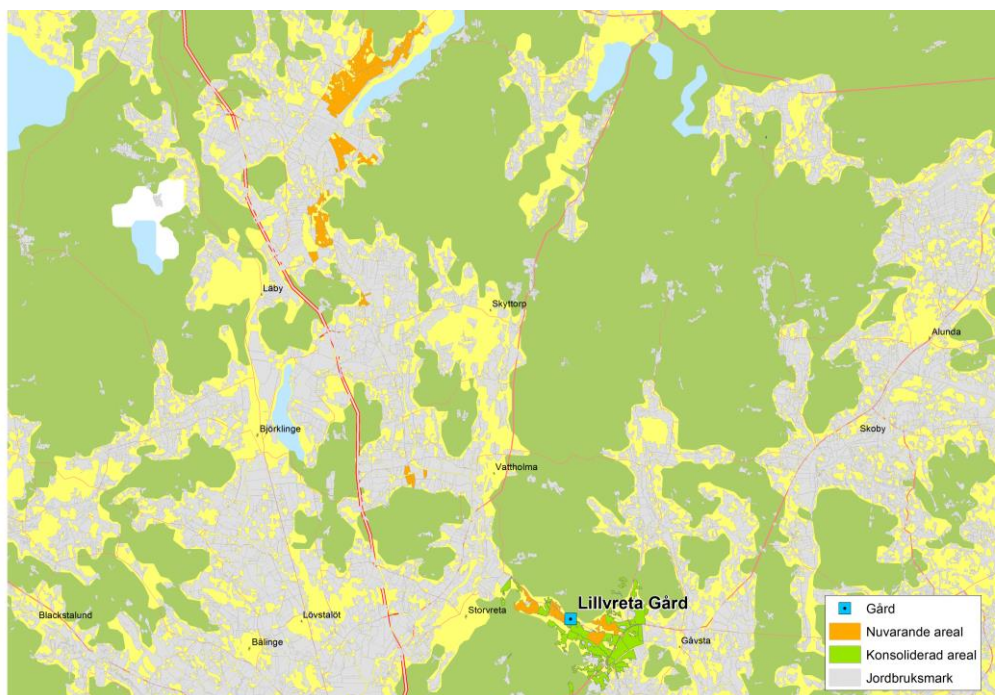
Figur 29. Skiftning av Kyrkeby Egendom. Figuren visar alla åkermark i området (grått), åkermark som Kyrkeby Egendom brukar idag (orange), samt simulering av Kyrkeby Egendom med skiftad areal (grönt).

För Kyrkeby Egendom (Figur 29) skulle det innebära stor effektivisering av transporter om gårdens åkermark kunde skiftas. Kostnaderna för transporter av spannmål skulle minska med 60 % till 88 kr/ha, vilket för hela gården innebär 270 000 kr per år, se Tabell 17. Det är baserat på att man idag kör med stora traktorekipage (och inte med lastbil som egentligen är billigare enligt simuleringen).

Vid en konsolidering skulle bränslebehovet för transporter av spannmål minska med 1600 liter per år eller med nästan 70 %. Motsvarande minskning koldioxidutsläpp var knappt 5 ton per år.

Tabell 17. Utfall för transporter av spannmål om Kyrkeby Egendom skulle kunna skifta arealen till de åkrar som ligger närmast gården. I Nuvarande används traktorekipage med 25 tons nyttolast eftersom det är vad som används idag och avstånd har beräknats mot de två gårdscentra Kyrkeby respektive Irvingsholm. I scenario skiftat används också traktorekipage med 25 tons nyttolast.

Scenario	Avstånd (km)	Lastbil 36 ton (kr/ha)	Traktor 25 ton (kr/ha)	Lastbil (l/ha)	Traktor (l/ha)
Nuvarande med avstånd mot Kyrkeby resp. Irvingsholm	9,9	161	220	1,8	3,3
Skiftat	3,2	115	88	0,6	1,1



Figur 30. Skiftning av Lillvreta gård. Figuren visar alla åkermark i området (grått), åkermark som Lillvreta gård brukar idag (orange), samt simulering av Lillvreta gård med skiftad areal (grönt).

För Lillvreta gård är effektiviseringspotentialen inte så stor för transporter om gårdens åkermark kunde skiftas. Kostnaderna för transporter av spannmål skulle minska med 10 % till 75 kr/ha, vilket för hela gården bara skulle innebära 6 000 kr per år, se Tabell 18. Anledningen till detta är att man idag använder mellanlager som är placerade strategiskt vid de olika brukningsenheterna. Om man inte använde mellanlager utan körde hem all spannmål till gårdscentrum skulle effektiviseringsvinsten med konsolidering vara i paritet med den för de andra gårdarna med 70 %.

Vid en konsolidering skulle bränslebehovet för transporter av spannmål minska med 160 liter per år eller med 13 %. Motsvarande minskning av koldioxidutsläpp är knappt 0,5 ton per år. Utan mellanlager skulle bränslebehovet minska med 70% till 2400 liter och utsläpp av koldioxidekvivalenter med nästan 7 ton per år.

Tabell 18. Utfall för transporter av spannmål om Lillvreta gård skulle kunna skifta arealen till de åkrar som ligger närmast gården. För Lillvreta gård har två grundfall beräknats – med avstånd mot gårdscentrum, respektive mot de mellanlager som används idag. I Nuvarande används lastbil vid beräkning mot gårdscentra, traktor vid beräkning mot mellanlager och i Skiftat används traktor eftersom det är billigast.

Scenario	Avstånd (km)	Lastbil 36 ton (kr/ha)	Traktor 14 ton (kr/ha)	Lastbil (l/ha)	Traktor (l/ha)
Nuvarande (gårdscentrum)	25,1	269	551	4,6	13,3
Nuvarande (mellanlager)	2,8	113	83	0,6	1,6
Skiftat	2,4	110	75	1	1

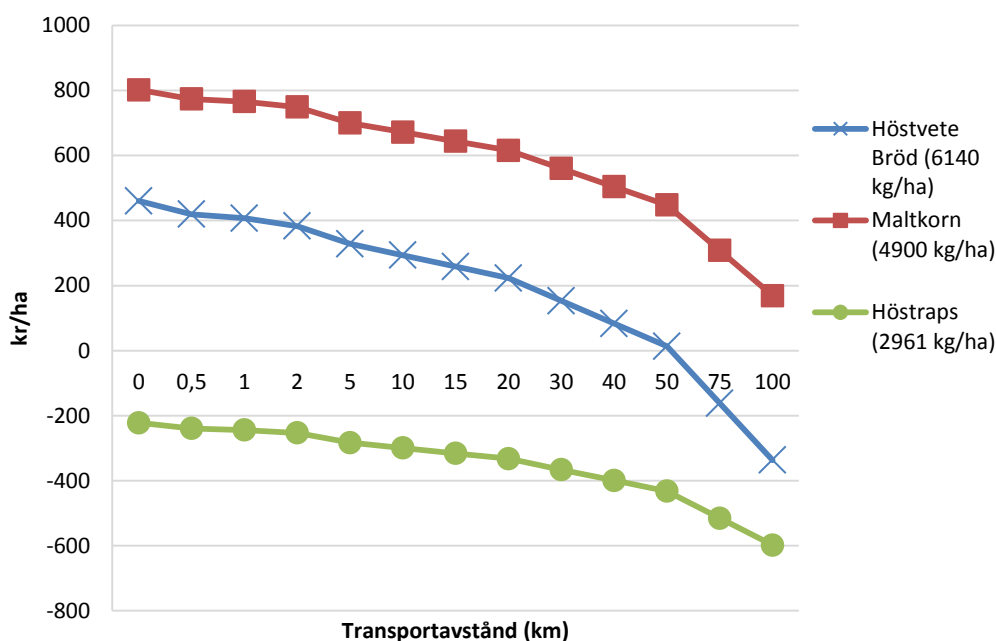
I Tabell 19 visas hur skiftning av mark skulle påverka kostnader, bränsleförbrukning och klimatpåverkande utsläpp för transportererna på de kartlagda gårdarna.

Tabell 19. Sammanställning över förändring av kostnad, bränsle och utsläpp vid simulering av skiftning av åkermark för de kartlagda gårdarna.

Gård och ursprungs-scenario	Förändring kostnad			Förändring Bränsle			Förändring CO ₂ -ekv
	(kr/ha)	(%)	(kr/år)	(l/ha)	(%)	(l/år)	(kg /år)
Kyrkeby	-132	-60%	-269 000	-2,2	-66%	-1 620	-4 540
Lillvreta (jmf gårdscentrum)	-194	-72%	-146 000	-3,2	-70%	-2 440	-6 830
Lillvreta (jmf mellanlager)	-8	-10%	-6 000	-0,2	-13%	-160	-450
Vallens gård	-964	-65%	-1 037 000	-10,5	-50%	-11 260	-31 530
Ola Gård (jmf inkl Ununge)	-486	-70%	-283 000	-3,3	-47%	-1 900	-5 320

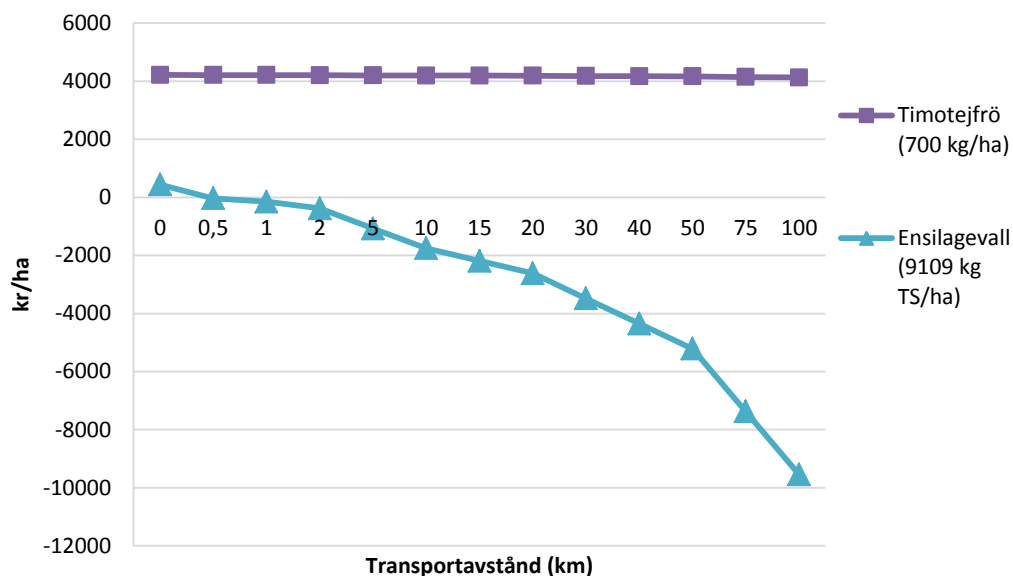
4.6 Transportavståndets påverkan på lönsamheten för olika grödor

I denna del sätts transportkostnaden i relation till övriga kostnader och intäkter för att producera en gröda. Det ekonomiska resultatet beror av vilken skördenivå som är aktuell, vilket även gäller transportkostnaden som beror av den transporterade kvantiteten. I figur 31 och 32 visas resultat för olika grödor uttryckt som TB2 för varierande transportavstånd.



Figur 31. Resultat visat som täckningsbidrag, TB 2, (kr/ha) för höstvetete, malkorn och höstraps för varierande transportavstånd.

För spannmål (höstvetete och malkorn) påverkades lönsamheten i princip lika mycket av ändrat transportavstånd, eftersom de har jämförbara hektarskördar. Höstraps var mindre känsligt beroende på en lägre skörd (Figur 31). Grundnivån för täckningsbidrag 2 (TB 2 kr/ha) är en ögonblicksbild och priserna kan röra sig både upp och ner i framtiden och skillnaden i transportavstånd är det som är intressant i detta fall. Brytpunkten för när lastbil blir mer lönsamt jämfört med traktor är för höstvetete och malkorn är 2 km, samt för höstraps 5 km.

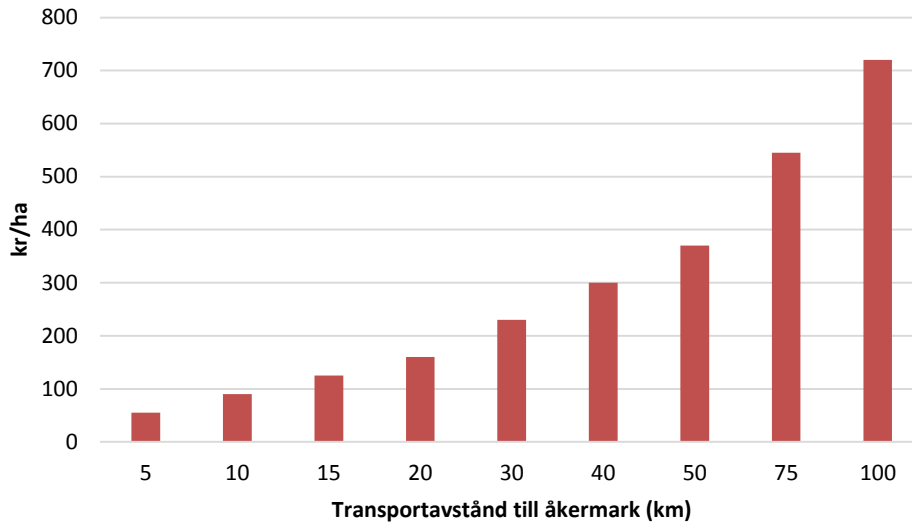


Figur 32. Resultat visat som täckningsbidrag, TB 2, (kr/ha) för timotejfrö och ensilagevall för varierande transportavstånd. I transportkostnaderna för ensilagevall ingår både transport av ensilage från åkern och gödsel till fälten.

Störst påverkan på lönsamheten av ökat transportavstånd hade ensilagevall (Figur 32) där ensilage transporteras från åkern och gödsel transporteras till åkern från gården. Ensilage har ofta en ts-halt på 30 % innebär att stora mängder vatten (70% av transporterad vikt) transporteras mellan fälten och gård. Transport av gödsel ut till fält innebär ännu större transporterade kvantiteter. Brytpunkten för när lastbil blir mer lönsamt jämfört med traktor är för ensilage var 2 km för transport av skördeprodukt till gården och 5 km för transport av gödsel ut till fälten.

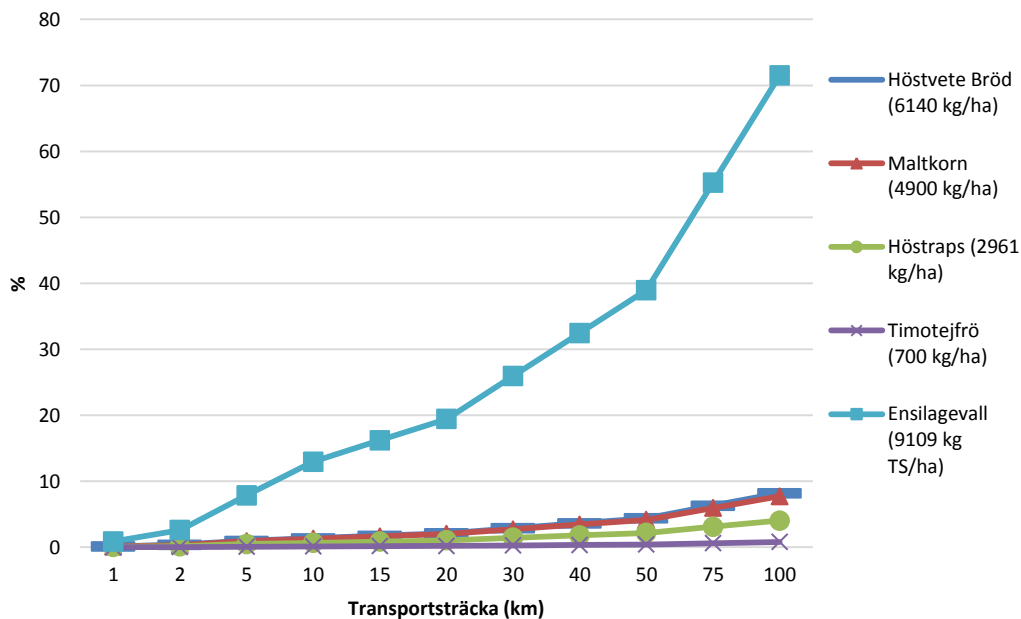
Minst känslig för långa avstånd till fält var timotejfrö som är en gröda som avkastar mindre jämfört med övriga grödor, vilket gör att den transporterade kvantiteten per hektar blir låg. Endast 88 kr/ha skiljde transportkostnaden för fält runt gården jämfört med ett fält 10 mil bort (Figur 32). Brytpunkten för när lastbil blir mer lönsamt jämfört med traktor var för timotejfrö 5 km.

Om åkerarealen ska utökas genom arrende eller inköp av mark är en intressant analys hur stor markkostnaden kan vara i förhållande till transportavståndet för att inte lönsamheten ska påverkas. Av Figur 33 framgår t.ex. att åkermark med 50 km transportavstånd måste ha knappt 300 kr/ha lägre markkostnad jämfört med vid 10 km avstånd för oförändrat ekonomiskt resultat.



Figur 33. Diagrammet visar hur mycket mindre måste marken kosta för att inte resultatet (TB 2) ska minska på grund av ökade transportkostnader till ny mark om man vill växa från 100 ha till 150 ha höstvetet.

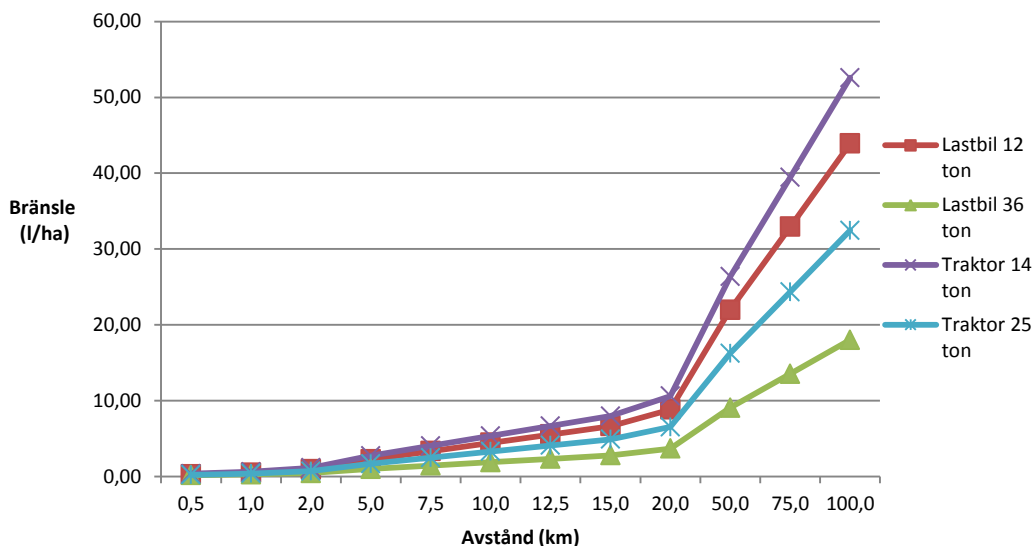
I Figur 34 nedan visas hur mycket mer marken måste avkasta för att kompensera för en högre transportkostnad som längre transportavstånd innebär och inte lönsamheten ska påverkas.



Figur 34. Skördeökning som krävs för olika grödor vid olika transportavstånd för att matcha lönsamheten, d.v.s. generera samma TB2 som när grödan odlas vid 0,5 km transportavstånd.

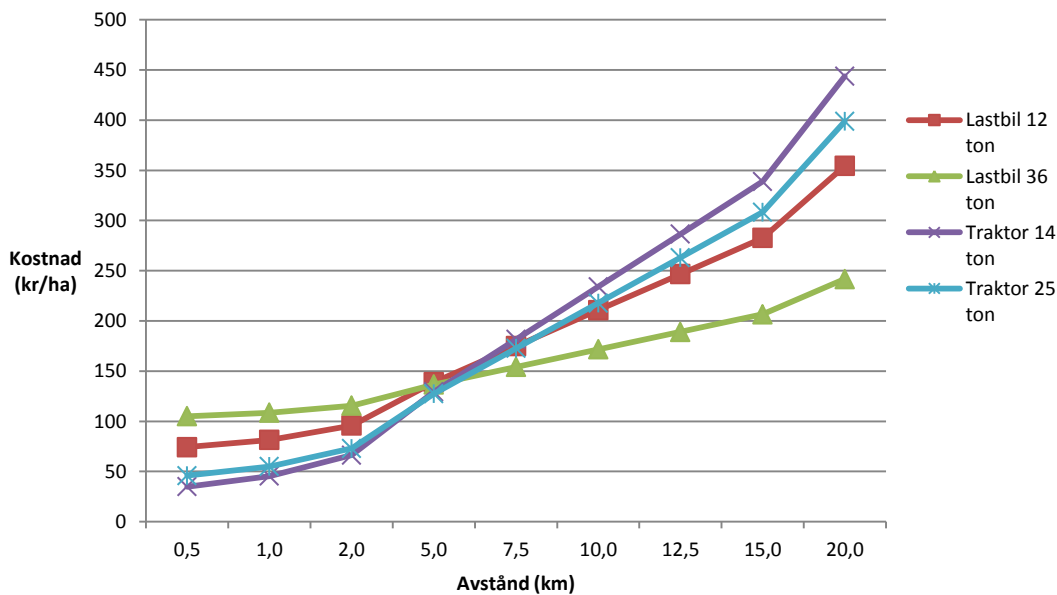
4.7 Transporteffektivitet för olika fordon

Bränsleförbrukningen för transport av skördad spannmål från åker med skörde-nivån 6,5 ton (transporterad vikt) till gård visas i Figur 35. Lägst förbrukning har lastbil med släp, därefter traktor med två vagnar, lastbil utan släp och till sist traktor med enkelvagn. De hack som syns i kurvorna beror av oregelbundna avståndsintervall i figuren och inte andra effekter.

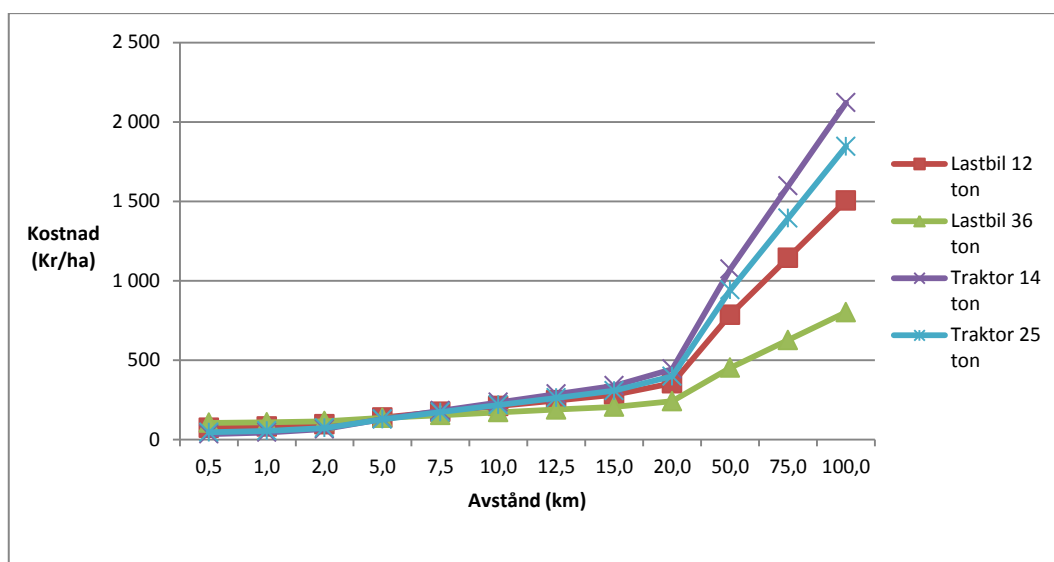


Figur 35. Bränsleförbrukning för spannmålstransporter med olika storlekar på fordon 0-100 km.

Billigast upp till 5 km är traktorekipaget med enkelvagn och nyttolast 14 ton. Vid 5 km är det stora traktorekipaget billigast och strax därefter blir lastbil med släp billigast, se Figur 36 där transportkostnaden visas från 0,5 km till 20 km. Transportkostnaderna för avstånd under 5 km präglas av vilken fast kostnad transportalternativet har, efter 5 km tar den rörliga kostnaden över och dominerar istället.



Figur 36. Transportkostnad för spannmål med olika storlekar på fordon 0-20 km.



Figur 37. Transportkostnad för spannmål med olika storlekar på fordon 0-100 km.

På grund av att lastbilen inte tillåts köra på åkern för att undvika markpacknings-skador belastas den kostnadsmissigt av en traktortransport för fältkörningen och en omlastning vid fältkant. Det gör att lastbilstransporterna har en hög fast kostnad. Men den rörliga transportkostnaden är lägre än för traktortransporten på grund av den högre hastigheten och högre lastförmågan, vilket gör att den blir billigare på längre avstånd, se Figur 37.

5 Seminarium i projektet

Den 5 november 2015 hölls ett seminarium med huvudsyftet att diskutera resultaten från projektet med lantbruksnäringen för att tillsammans komma fram till hur de bäst kan användas för att nå projektets syfte – att effektivisera jordbrukslogistiken och minska energiåtgång och klimatpåverkan. I seminariet deltog tre av de fyra gårdarna som deltagit i projektet, Jordbruksverket, Skogforsk, LRF, LRF media, VäxtRåd och JTI, sammantaget 16 personer. Deltagarna gavs en presentation av projektet, de deltagande gårdarna och resultatet av olika delprojekt som inspel till konstruktiva samtal och workshop.

Seminariet inleddes med en presentation av den inventering av verktyg och analysmetoder som gjorts i projektet. Därefter presenterades hur de använts på de studerade exempelgårdarna och vilka effekter det skulle kunna få. Företrädare för de undersökta gårdarna gav därefter sin syn på både verktyg och analysmetoder och de föreslagna effektiviseringarna.

På seminariet diskuterades även hur ett fortsättningsprojekt behöver utformas och vad det behöver innehålla för att effektivisera transporter inom jordbrukets olika produktionsinriktningar.

Man konstaterade att kostnaden för varuflödet på och mellan gårdarna inte är väl känd, trots att det utgör en stor del av kostnaden. Troligen kommer inte drivmedelspriserna att sjunka sett över ett längre tidsspann, vilket gör än viktigare att arbeta med effektivisering av jordbrukets transporter.

5.1 Samtal om mål, drivkrafter, utmaningar och lösningar för gårdarna

Generellt är transporter med lastbil lönsamt och energieffektivt vid längre avstånd både genom lägre dieselåtgång och högre hastighet, vilket ger kortare arbetstid och högre utnyttjandegrad. Men trots det är det motiverat för vissa företag att använda traktorer för transporter och det kan bero på många olika saker som till exempel att man har traktorer som annars inte utnyttjas fullt ut. Varje företag behöver räkna på olika alternativ och väga in vilka behov just det företaget har.

Exempel från gårdarna på drivkrafter och lösningar:

- ”Planering är att kunna vara på rätt plats vid rätt tillfälle”. Alltid sträva efter att så när fälten reder sig. Sorter och grödor väljs efter mognadstid och växtföljd. Arealerna anpassas efter vad som ryms i befintliga lagringsbehållare av liknade sorter. Excelfiler och bondförnuft används i planeringen. Muntlig kommunikation ges till dem som kör. Dataväxt används i mobilen. Alla data ligger i molnet via Google drive.
- Genom att köra iväg spannmålen direkt till kund slipper man omlastning och trassel med torkning. De 9 öre/kg som torkningen kostar hos Lantmännen är värd att betala.
- En viktig drivkraft för tillväxt är samordningsvinster. Exempel på detta är att ytterligare 300 kor gör att mjölkgruppen utnyttjas till sin fulla kapacitet utan att nyanställningar behövs. Med större areal vall kan kapaciteten för den självgående hacken utnyttjas fullt ut. Transporter utförs huvudsakligen med egna lastbilar som även används för flis på vintern.
- Vid tröskning är det viktigt att ha kluster med storlekar som motsvarar hela tröskdagar, för att kunna utnyttja tröskorna fullt ut och inte ha dem upplåsta i vägtransporter på dagtid.

De gårdar som medverkat i projektet har vuxit snabbt de senaste 10 åren och är väldigt olika, men drivkrafterna för att driva företaget är ganska lika. Man vill ha en fortsatt utveckling, bra lönsamhet, personlig utveckling och göra intressanta saker. Det finns gott om mark och många som vill köpa spannmål från växtodlingsgårdarna. För att hitta potentialer för kostnadseffektiv tillväxt kan man identifiera var man har överkapacitet. Kan den kapaciteten tas i anspråk utan nya investeringar eller personalkostnader är det ofta lönsamt. Egentligen finns alltid nya möjligheter att utveckla företaget.

Det är viktigt att företaget går att driva med rimliga arbetstider för att inte familjelivet ska påverkas negativt. En svårighet är att hantera de långa arbetsdagarna under säsong.

5.2 Inspirationsföreläsning om skogsbrukets logistikeffektivisering

Johanna Enström från Skogforsk gick igenom några av de projekt som Skogforsk genomfört som handlar om effektivisering av skogsbrukets logistik.

Skogforsks uppgift är att tillföra skogsnäringen tillämpbara kunskaper och tjänster som bidrar till ett lönsamt, hållbart bruk av skogen så att näringens konkurrenskraft stärks och viktiga samhällsmål uppnås. För en väl fungerande virkesförsörjning krävs bl.a. utveckling av arbetsformer, nyckeltal, planering, styrning och kontroll. Skogforsk har utvecklat flera simuleringsmodeller och optimeringsverktyg som stöd för beslut och planering av transporter i skogens försörjningskedja. Som grund för transportplaneringsverktygen används nationella vägdata-basen (NVDB) och databasen för skogsbilvägnätet (SNVDB).

Exempel på modeller är *Informationskedjan* som har koll på lager och flöden och ger beslutsstöd. *FlowOpt* har fokus på industrins virkesförsörjning och inkluderar kundens förutsättningar/behov, volymer som passar för olika transportslag, placering av terminaler, returflöden etc. Modellen används för övergripande analys där scenarier kan jämföras med varandra, vilket ger en bra bild av vad man kan förbättra i verkligheten. *VägRust* används för att beräkna vilka vägar, främst vintervägar, som är mest lönsamma att rusta med tanke på tjällossningar. Vägarne delas in i fyra klasser med tanke på tjäle och kvalitet för övrigt. *Spindeln* är ett kartverktyg som visar var andra åkare lastar och syftar till att öka möjligheterna till att få returlass. Chaufförerna kan ringa den som lastar och fråga om eventuella returmöjligheter. *Krönt vägval* är ett hjälpmedel för att välja både närmaste vägen och det bästa valet med tanke på en mängd parametrar.

Ett annat exempel på pågående projekt hos Skogforsk som rör transporteffektivisering handlar om tester med 30 m långa fordon som fullastade väger 90 ton.

6 Diskussion

6.1 Nationella transporter

Det är svårt att göra bra uppskattningar av hur stora transporter är som berör jordbruket. Det går att få en viss uppfattning via statistiken över inrikes transporter med lastbil. Problemet med transporter till och från jordbruket är att identifiera den mängd gods som är rena jordbruksprodukter. Dessa produkter samlas i statistiken ofta ihop med produkter från skogsbruk och fiske. Utöver transporter av rena jordbruksprodukter finns det en hel del annat gods som transporteras till jordbruket. Svårigheten är att identifiera jordbrukets andel av dessa transporter. Behov finns av bättre statistik med uppdelning mellan jord, skog och fiske.

Jordbruket transporterar olika typer av gods mellan gårdar och inom den enskilda gården. Många transporter kan räknas både som en transport eller inkluderas i annan verksamhet. Till exempel kan förflyttning av maskiner och utrustning till och från fält räknas till fältarbetet eller som en transport. Det är också viktigt med tydliga systemgränser mellan inomgårdarbete och fältarbete som t.ex. transport av foder från gårdslager till djur i samband med utfodring räknas som en del av utfodringen eller som en transport.

En annan svårighet i att uppskatta transporter mellan och inom gårdar är hur transporten sker. Jordbruket uppvisar en stor variation på hur transporter genomförs och vem som utför transporten. Bättre kunskap om hur fördelningen ser ut mellan traktor och lastbil för de transporter som sker på gården efterfrågas. Ett bättre underlag efterfrågas också för hur transportsportavståndet från fält till gård ser ut med tanke på att många gårdar ökar i storlek och i och med detta ofta får mark på längre avstånd från brukningscentrum än de ursprungliga åkrarna.

6.2 Transportkostnader och bränsleförbrukning för studerade gårdarna

I den tid som går åt till transporter ingår, förutom den direkta transporttiden, även moment som är oberoende av transportavståndet som tid för lassning och lossning. Vid korta transportavstånd utgör tiden för lastning och lossning en proportionellt stor andel av totala transporttiden. Alternativ som att undvika en omlastning genom att köra hela vägen från fält till lager med traktor är då ekonomiskt intressanta vid korta avstånd. Detta stämmer överens med resultatet från beräkningarna för de studerade gårdarna där transport med traktor hade lägre kostnader än lastbils-transport vid korta transportavstånd. De högre kostnaderna för transport vägs då upp av att omlastning i fältkant till lastbil kan undvikas. När avstånden ökar vägs de lägre kostnaderna för omlastning upp av högre transportkostnader och lastbils-transporten blir ett billigare alternativ.

Dieselförbrukningen är enligt simuleringarna alltid lägre per hektar för lastbils-transport jämfört med traktortransport. De studerade gårdarna skulle därför kunna minska sin årliga energiförbrukning för transporter med minst 47-65 % genom att välja lastbil istället för traktor för transport av grödor och flytgödsel. Även kostnaderna minskade när lastbil valdes istället för traktor. Eftersom gårdarna till viss del redan idag använder lastbil så är minskningen i praktiken mindre.

Jämfört med lastbilstransport via mellanlager kunde spannmålsgårdarna sänka såväl kostnader ytterligare genom att köra spannmål direkt från fält till mottagningsanläggning och därigenom undvika den extra hantering som mellanlagringen innebar. Detta gällde speciellt för de kluster där skillnaden i transportavstånd via mellanlager jämfört med direkttransport är stort.

För mjölgårdarna beräknades även totala kostnaderna om det billigaste alternativet av transport med traktor eller lastbil användes. Detta sänkte totala kostnaderna ytterligare jämfört med att endast välja lastbilstransporter. Det ökade dock den totala dieselförbrukningen.

I de simuleringar som gjorts i detta projekt har kostnader, bränsleförbrukning och klimatpåverkande utsläpp beräknats endast för de största godstransporterna – andra transporter av insatsvaror som handelsgödsel, utsäde och växtskydd, samt rena maskinflyttningar, har inte tagits med i beräkningarna. Eftersom det i växtodlingen krävs många insatser varje år ökar kostnaderna för att ha åkermark på långa avstånd ytterligare om alla transporter och maskinflyttningar skulle tagits med i beräkningarna.

6.3 Separering av flytgödsel

Flytgödselns höga vatteninnehåll gör att det är ett lågkoncentrerat gödselmedel med höga transportkostnader. Den stora mängden flytgödsel som produceras på mjölk- och grisgårdar gör att dess kostnader för transport och spridning utgör en stor del av de totala transportkostnaderna på djurproducerande gårdar. Att transportera gödsel med lastbil blir lönsamt efter knappt 3 km jämfört med 10 km för transport av vall. Det beror dels på den höga vattenhalten i flytgödsel som gör den dyr att transportera, och dels på grund av att spridningskapaciteten snabbt blir begränsad om samma traktorekipage används för både transport och spridning. Om lastbil används för transporten höjs kapaciteten genom att ett ekipage transporterar gödseln och ett annat sprider gödseln på fältet.

Logistiken vid flytgödseltransport på en gård styrs av flera faktorer och är i de flesta fall länkad till spridningslogistiken. Det finns regler för när man får sprida stallgödsel och helst ska spridningen av flytgödsel ske när växterna behöver växtnäringen. Det betyder att tidsfönstret för när spridning och, i de flesta fall, även transport får ske är begränsad.

Mängden flytgödsel som sprids på ett fält bestäms dels av koncentrationen av olika växtnäringsämnen i gödseln, dels av markens växtnäringstillstånd, dels av grödans behov och dels av regler som begränsar hur mycket växtnäring från stallgödsel som får spridas. Till exempel får man inom nitratkänsliga inte sprida mer än 170 kg kväve per hektar. Dessutom får man i Sverige sprida maximalt 22 kg fosfor per hektar och år som genomsnitt över en 5 års period, och det gör att det är oftast fosforhalten i flytgödsel som begränsar spridningsgivan.

Flytgödselns höga vattenhalt gör att det oftast är kostnadseffektivast att sprida den så nära gårdscentrum som möjligt. Eftersom flytgödselns fosforhalt oftast begränsar spridningsgivan driver det spridningen till fält som ligger allt längre bort. Mekanisk separering av flytgödsel i en fast och en flytande fraktion gör att fosforhalten i den flytande fraktion kan minskas samtidigt som den minskar volymen på den flytande fraktionen som ska sprids. Minskad fosforkoncentration gör att spridningsgivan kan ökas och flytgödseln kan utnyttjas på areal som ligger

närmare gårdscentrum. Den fasta fraktionen innehåller mycket mindre vatten och har högre koncentration av fosfor vilket gör den lönsammare att transportera längre. Vilken besparing som separeringen kan ge är mycket beroende på hur mycket fosfor som kan avskiljas till den fasta fraktionen och hur stor minskningen av den flytande fasens volym är.

Centrifug- och kemisk/mekaniskseparering ledde till mycket högre besparingar i transport- och spridningskostnader än skruvpressen. Detta berodde främst på högre fosforsepareringseffekt (Tabell 2) som ökar gödselgivorna och gör att gödseln kan spridas närmare gårdscentrum.

I scenarierna centrifug- och mekanisk-kemiskseparering blir en fast fraktion kvar efter att maximal spridning skett på all spannmålsareal. Detta berodde främst på att den fasta fraktionen har en högre fosforkoncentration vilket begränsar givan som kan spridas med hänsyn till växternas behov under växtperioden. Förråds-gödsling med fosfor var inte tillåtet i simuleringen. Kostnader för att bli av med den extra fasta fraktionen är inte inräknade. Eftersom många fält som ligger längre bort från gårdscentrum inte får flytgödsel med centrifug- och mekanisk-kemisk separeringsscenerierna skulle det vara rimligt att förrådsgödsla även vallen med den fasta fraktionen så dess fosforbehov täcks. På det sättet skulle all fast fraktion kunna användas på gården. Ett alternativ om det finns en biogas-anläggning i gårdens närhet är att använda den fasta fraktionen som substrat för rötning. Eftersom den har mycket lägre vattenhalt än flytgödsel har den lägre transportkostnader. Möjligtvis finns andra alternativa användningsområden för den fasta fraktion som är rik på organiskt material och fosfor.

6.4 Skiftning av åkermark

Om åkermarken på de kartlagda gårdarna kunde skiftas som simulerats i detta projekt, skulle det ha stora effekter på gårdarnas transportarbete. Med undantag för Lillvreta gård, är potentialen för minskning av transportkostnader 60-70 % och potentialen till minskning av dieselförbrukning, och därmed även klimat-påverkande utsläpp, för transporter 50-70%. För Lillvreta är potentialen inte lika stor i och med det upplägg med mellanlager man använder idag. Skulle Lillvreta istället köra hem all spannmål till det ursprungliga gårdscentrumet är potentialen i paritet med den för de andra gårdarna.

Eftersom simuleringarna endast gjordes för skörd av spannmål och vall innebar det att de besparingar som beräknades underskattar det verkliga värdet av att skifta åkermarken. För mjölkgårdarna är gödselflödet större än vallflödet, vilket gör att besparingen blir mer än dubbelt så stor och därutöver kommer alla andra transporter av t.ex. andra insatsvaror och maskiner som ska utföra arbete på åkrarna.

Teoretiskt är vinsterna för en gård stora om brukad areal kan koncentreras närmast gårdscentrum. Praktiskt är det svårare att köpa in eller byta mark för att skapa rationella brukningsenheter. Vid de stora skiftesreformerna på 1700- och 1800-talet i Sverige var de stora frågorna hur en gårds nuvarande mark skulle värderas både till storlek och till bördighet, vem som skulle kunna begära en skiftning och hur meningsskiljaktigheter skulle avgöras.

6.5 Transporteffektivitet för olika fordon

Eftersom de fasta kostnaderna för förare och maskiner utgör så stor andel av totalkostnaden för användning av en maskin medför större fordonsstorlekar med högre lastkapacitet nästan alltid lägre kostnad per transporterad kvantitet. Det samma gäller bränsleförbrukningen som minskar per transporterad kvantitet eftersom storleksfördelar gör att de fasta kostnaderna i form av energibehov för att t.ex. driva hjälpsystem slås ut på en högre nyttolast.

Jordbrukstraktorn är en multifunktionell maskin som är anpassad främst för fältarbete. Det tyngsta arbete som traktorn ska kunna utföra dimensionerar den, vilket gör att den har grovt mönstrade stora däck, kraftig transmission, den behöver vara tung för att få dragkraft i fält och den har en begränsad maxhastighet. Dessa egenskaper är inte någon fördel vid vägtransport, vilket gör att en lastbil, som är byggd för just vägtransport, har lägre bränsleförbrukning per lastad kvantitet och eftersom lastbilen går fortare och ofta lastar mer, kostar den dessutom mindre per transporterad kvantitet.

Det som ligger lastbilen till last när det gäller transporter från fält är att den inte är lämpad för körning på åkermark – den har alldeles för högt marktryck på grund av den stora vikten kombinerat med däck anpassade för vägtransporter, vilket kan resultera i stora markpackningsskador. Därför måste ett traktorekipage sköta lastning i fält och transport till fältkant, eller till en omlastningsplats, där lasten flyttas över till en lastbil som sedan sköter vägtransporten.

I de simuleringar som gjorts i projektet har fyra ekipage ställts mot varandra vad gäller bränsleförbrukning och transportkostnader.

6.6 Odlingsstrategier som effektiviserar transporterna

Timotejfrö och därefter höstraps är minst känsliga för längden på transportavståndet till fält, vilket beror på lägre skörd per hektar jämfört med spannmål och särskilt jämfört med slåttervall. För slåttervall ökar transportkostnaderna kraftigt med ökat transportavstånd, och än mer så i kombination med spridning av stallgödsel.

Om det är möjligt och växtföljden tillåter det kan därför odling av slåttervall nära gården vara att prioritera ur ett transportoptimeringsperspektiv, jämfört med andra grödor med lägre transportbehov.

När en gård behöver utöka sin odlingsareal kan det löna sig att öka med mark längre bort förutsatt att den högre transportkostnaden kompenseras med lägre markkostnad, högre avkastning på den nya marken eller någon annan faktor.

I Figur 33 visades hur mycket mindre markkostnaden måste vara för att kompensera för ett längre transportavstånd. Eftersom transportkostnader på en gård ofta är svåra att särskilja från andra maskinkostnader, kan detta vara en värdefull hjälp att värdera eventuella utökningar av gårdens åkermark.

Ett annat sätt att kompensera för längre transportavstånd är se på markens skördepotential. Som visades i Figur 34 behövs för spannmål, höstraps och timotej endast upp till 10 % högre skördepotential för fält 100 km bort jämfört med fält inom 0,5 km för att kompensera för transportkostnaden. Att olika fält har skillnader +/- 10 % i skördepotential är inte orimligt och intressant i dessa

beräkningar. Detta visar att vid val mellan ett fält som ligger nära och ett som ligger längre bort, men som har högre skördepotential, så kan det löna sig ekonomiskt att välja det som ligger längre bort. Dock finns flera nackdelar med fält längre bort: energiåtgången ökar alltid vid längre transportavstånd, maskiner och personal är mer uppbunden i transportarbete etc. På grund av den mycket högre andelen transportkostnad av totalkostnaden för slåttervall krävs en betydligt mycket högre skördepotential på åkermarken för att kompensera för långa transportavstånd.

Om man odlar timotejfrö kan den sköras 3 år i rad utan att behöva plöjas upp. Dessutom behöver man heller inte åka dit med jordbearbetningsmaskiner och såmaskin på höst och vår, vilket gör att man spar ytterligare tid och transportkostnader. De insatser som krävs för odling av timotejfrö är gödsling och eventuellt kemisk bekämpning, samt skörd. Man bör dock inte odla timotej i all evighet, så en möjlig växtföljd kan vara 3 år timotej, två år höstvetete, ett år raps med ny timotejinsådd. Denna växtföljd är ur en transportsynpunkt helt klart intressant då ekonomin är för närvarande minst lika bra i vallfröodling som för odling av spannmål.

Ytterligare ett sätt att minska transportbehovet genom lägre skördnivå är att odla ekologiskt istället för konventionellt, t ex enligt följande exempel:

- Konventionell 6-årig växtföljd: Höstvetete 6 ton/ha, korn 5 ton/ha, raps 2,5 ton/ha, höstvetete 6 ton/ha, höstvetete 6 ton/ha, korn/havre 5 ton/ha.
- Ekologisk 6-årig växtföljd: Klöverfrövall 250 kg/ha, raps 2 ton/ha, höstvetete 4 ton/ha, åkerböna/ärt 3 ton/ha, höstvetete 4 ton/ha, havre/korn 3 ton/ha.

Jämför man transportbehovet för enbart skörden för dessa över sex år transporteras drygt 30 ton in till gård konventionellt och drygt 16 ton ekologiskt. Denna halvering av transportbehovet är intressant ur en transportsynpunkt då beräkningarna grundar sig på avkastning på fältnivå. Man kan räkna på andra växtföljder och skördar, men generellt är avkastningarna något lägre för ekologisk odling, vilket bör påverka transportkostnaden per hektar. Växtföljden är dock en viktig parameter där ekologisk odling kräver en vettig växtföljd, medan man i konventionell odling kan odla spannmål många år i följd.

Vid utvärdering av ny åkermark till gården kan man använda följande frågor som stöd för att få med transportavståndets påverkan på lönsamheten:

- Vad vill jag producera på den nya åkermarken och vad lämpar sig att odla på den ?
- Finns avsättning för skörden på annan plats än egna gården nära den nya åkermarken?
- Är skördepotentialen bra på den nya åkermarken?
- Kan jag producera icke transportkänsliga grödor och ändå bibehålla en bra växtföljd med hög skörd?
- Måste jag transportera stallgödsel eller annan transportkänslig gödsel dit?

6.7 Effektiviseringspotential för transporter inom jordbruket i Sverige

För att kunna bedöma vilken energieffektiviseringspotential som finns för jordbrukets transporter behöver man dels veta dels veta hur mycket energi som går åt till jordbrukets transporter och dels vilka effektiviseringsåtgärder som är möjliga och vilken effektiviseringsgrad de i sin tur har. Energiåtgången har i detta projekt uppskattats till 509 GWh per år, dock med stor osäkerhet, se Tabell 7.

I projektet har också ett antal olika åtgärder för att effektivisera transporterna testats. Det svåra är dock att komma fram till i vilken omfattning som dessa åtgärder kan tillämpas i svenskt lantbruk och där kommer vi inte fram till något bra svar eftersom alla gårdar är så olika och har olika förutsättningar och det inte finns statistikunderlag för att komma fram till vilka åtgärder som skulle fungera på olika gårdar. Det vi kan göra är att dels undersöka om det skett någon effektivisering hittills och dels göra antaganden om i vilken utsträckning olika åtgärder kan tillämpas.

Ett sätt att undersöka om jordbruket blivit mer energieffektivt är att jämföra energiåtgång med vad som producerats. Dieselanvändningen baserat på utsläppen av koldioxid för arbetsmaskiner inom jordbruket ökade med ca 30 % från 1990 fram till 2005 för att minska efter 2010. Minskningen sedan 2010 är cirka 5 %. (Naturvårdsverket, 2015a). Samtidigt har den totala åkerarealen minskat med 7 % mellan åren 1990 och 2014. Arealerna av de mest energikrävande grödorna, sockerbeter och potatis, minskade med 30 % och spannmålsarealen med 27 %. Antalet nötkreatur minskade med 13 % och antalet kor med 20 %. Den samlade skörden av spannmål, vall, sockerbeter och potatis minskade under perioden med ca 20 % (Jordbruksverket, 2014). Dessa data visar alltså på att dieselförbrukningen ökat och produktionen minskat och därmed att energieffektiviteten, men det kan finnas många andra orsaker till det, till exempel att mer diesel gått till jordbrukens ökade andel maskinarbeten utanför den egna gården.

På senare tid har många lantbrukare utökat sin verksamhet med snöröjning och andra entreprenadarbeten. Det finns dock inga bra underlag för att se förändringar i jordbruksföretagarnas maskin användning utanför gården i form av entreprenadarbete och liknande. Antal dagar med marken snötäckt visar inget samband med upp- eller nedgång i dieselförbrukningen. Den långsiktiga trenden för Götaland är att antalet snö dagar nästan har halverats mellan 1960 och 2003 (Larsson, 2004). Detta ger att den totala förbrukningen för snöröjning antagligen minskat i och med mindre snömängder, men oavsett det kan andelen av dieselförbrukningen för snöröjning som hamnar i statistiken för jordbruket ha ökat, men det vet vi inte med säkerhet.

Osäkerheten i sifferunderlaget bedöms som stort. Man kan dock inte finna något stöd för att lantbruket använder diesel mer effektivt, med undantag för en svag trend efter 2010, då förbrukningen minskat, som skulle kunna bero på effektivisering. Minskningen kan vara en effekt av det höga dieselpriiset 2008 och 2011-2014 (SPBI, 2015a), men också av det stora intresse för energikartläggning och sparsam körning som sannolikt också påverkats av det periodvis höga dieselpriiset.

LRF gjorde 2013 en undersökning som visar att intresset för att mäta dieselförbrukning för gårdens maskiner är stor hos 81 % av de 1560 företagare som svarat på enkäten. LRFs undersökning visade också vilka svårigheter företagarna upp-

levde med detta. Framför allt saknade man verktyg för att mäta dieselförbrukningen, men man angav också tidsbrist. Även om det skulle vara möjligt att göra mer noggranna noteringar om dieselförbrukningen, saknas annat än generella råd om vilka åtgärder som kan vidtas. Exempel på sådana generella råd är att gå en utbildning i sparsam körning, köpa en snålare traktor eller att jobba med lufttrycket i däcken. Runt 60 % av företagen gjorde därför enbart en årlig summering av dieselförbrukningen, utan att särskilja hur mycket diesel som används för olika typer av arbeten, vilket gör det svårt att använda den som underlag för förändringar och effektiviseringar.

För att kunna använda uppföljning av dieselförbrukning och maskinanvändning som underlag för förändringar och effektiviseringar bör man skilja på transporter till och från gårdarna, mellan gårdar, mellan fält och gårdens lager och vice versa, samt inomgårdstransporter som är kopplade till djurproduktionen.

6.7.1 Transporter till och från gård

Faktorer som kan påverka transportkostnaden för transporter till och från gården ligger ofta utanför lantbrukarens direkta rådighet och styrs av leverantörerna. Företag som transporterar bulkvaror som foder och spannmål har ofta trimmade transportsystem och strävar efter att ha så hög fyllnadsgrad som möjligt genom att transportera fler varor med samma lastbilar t.ex. foderbilar för att transportera träpellets för uppvärmning. I vissa fall kan lantbrukaren köpa varor utan frakt och sedan själv upphandla frakten och på så vis påverka den.

Man kan räkna med att motorer och fordon blir mer effektiva med tiden. Sedan 2014 har tillåten maxvikt för lastbilar ökat i Sverige från 60 ton till i vissa fall 64 ton vilket gör transporten mer energieffektiv och billigare. Försök pågår med s.k. HCT-fordon (High Capacity Transport) som kan väga upp till 90 ton, vilket leder till ännu effektivare transporter. Det bör också vara möjligt att öka samarbetet mellan gårdar, transportföretag och kunder för att minimera omlastningar och fram- och tillbaka transporter.

Utredningen Fossiloberoende fordonsflotta (SoU 2013:84) menar att effektiviseringsmöjligheten uppgår till ca 50 % generellt för transporter till 2050. För jordbruket saknas underlag att bedöma potentialen för leveranser till och från gården.

Enligt Tabell 7 antas dieselåtgången vara 22 000 m³ och kostnaden vara 1,5 miljarder för transporter till och från gårdar. Med 25 % effektivisering kan omkring 5 500 m³ diesel sparas och i storleksordningen 370 miljoner kr. Av den totala transportkostnaden är 15 % drivmedel, resten fordon och arbete.

6.7.2 Transporter mellan fält och gården och mellan gårdar

Även här saknas detaljerade underlag för att beräkna eller bedöma potentialen att effektivisera transporterna. I energikartläggningar beräknas den diesel som används i djurhållningen. Resten blir användning för fältarbeten och transporter och anges bara som liter diesel per ha.

I projektet har simuleringar visat att det går att sänka både drivmedelsbehov och kostnader för varustransporter på stora gårdar som redan arbetat med logistikfrågan. Men det är flera faktorer än renodlad varuhantering som påverkar, t ex är

vägkvalitet, obekvämt arbetstid och torkningskapacitet faktorer som kostar mycket att investera bort. Att välja lastbil istället för traktor sänker alltid dieselbehovet, men totalkostnaden för lastbil beror på avstånd, varan och planeringssituationen.

Simulering av skiftning av en stor gård, med arealer på milavstånd, visar att dieselförbrukning och kostnader kan sänkas med 60-70 % om fälten skulle kunna fördelas runt ett gårdscentra istället för i kluster. Samtidigt är skiftning ingen enkel åtgärd och berör ofta väldigt många brukare i bygden. Hur stor effektivisering skiftning innebär för andra gårdar än de kartlagda är också obekant, bland annat saknas en samlad bild av hur transportarbetet på små gårdar ser ut.

Enligt Tabell 7 uppskattas dieselförbrukningen vara 30 000 m³ och kostnaden vara 2 miljarder för transporter till och från fält och mellan gårdar. Med 25 % effektivisering kan i storleksordningen 7 500 m³ diesel och 500 miljoner kr sparas. Diesel är ca 15 % av kostnaden, resten fordon och arbete.

6.7.3 Slutsatser effektiviseringspotential nationellt

Om transportarbetet skulle kunna effektiviseras med 25%, som inte är orimligt enligt ovan, skulle det innebära besparingar på i storleksordningen 130 GWh energi, 36 000 ton CO_{2e} klimatpåverkande utsläpp och 870 Mkr i kostnader för jordbrukets logistik. Av denna totala besparing är omkring 15 % drivmedel, vilket motsvarar ett värde på drygt 100 miljoner kr. Den stora besparingen kan nå genom minskad maskin- och arbetstid.

Beräkningarna och uppskattningarna har stor osäkerhet. Det finns en uppenbar risk att besparingar dubbelräknas, när olika beräkningssätt jämförs. Ofta anges jordbrukets potential att spara diesel och annan direkt (diesel, el osv) och indirekt energi (mineralgödsel, foder, plast osv) till ett värde av 1,5 -2 miljarder kr/år (LRF, 2014).

Logistikanalysen tittar på alla kostnader för varuflöden och som energislag tas i den här rapporten endast diesel med. Diesel för fältarbetet, hanteringen av foder och gödsel i djurhållningen och annan direkt och indirekt energianvändning ingår inte. Oavsett om värdena är relevanta eller inte så visar analysen att bättre metoder behöver utvecklas för att mäta och effektivisera varuflöden på gårdarna.

Analyserna i rapporten visar också att kostnaden för drivmedel är runt 15 % av den totala kostnaden för varuflödena. Det innebär att planering och management, timing, identifiera flaskhalsar, finna samarbeten med andra lantbrukare och andra aktörer i varukedjan spelar en större roll än kostnaden för drivmedel.

6.8 Spridning av kunskap

De fyra gårdarna som deltagit i projektet har det gemensamt att de vuxit relativt snabbt och ökat brukad areal genom att köpa in eller arrendera brukningsenheter som inte ligger i direkt anslutning till den ursprungliga gården. På grund av de långa transporter har de varit tvungna att arbeta aktivt med att effektivisera gårdarnas logistik och har därför kommit relativt långt när det gäller planering av logistiken. På gårdarna finns mycket kunskap och erfarenheter inom logistik som skulle kunna spridas till andra gårdar i landet.

Ett av syftena med projektet var att undersöka hur information om hur jordbrukets logistik kan effektiviseras bäst når ut till jordbruket. Under det seminarium som genomfördes i projektet var en slutsats att det som framförallt triggat lantbrukare till förändring är goda exempel – om en annan lantbrukare genomfört en förändring och har en positiv erfarenhet och resultat av den så är det lättare för andra lantbrukare att tänka sig att testa förändringen. Detta betyder att demonstrationer i gårdsmiljö och information som sprider goda exempel är viktiga för att effektivisera jordbrukets logistik.

För lantbrukarna är det kostnaden som styr. Om vi kan ta fram kurser, seminarier och demodagar som tydliggör ekonomin med att effektivisera logistiken så är lantbrukarna intresserade. Att t.ex. tydliggöra skillnader i kostnader mellan grödor och maskiner som används kan vara ett bra sätt. En tröska kostar 50-60 kr/minut en traktor mellan 30 och 40 kr/minut. En extra sväng kostar 70 kronor. Eventuellt skulle man kunna använda någon typ av spel för att kommunicera logistikupplägg och nyckeltal. De kurser i sparsam körning som finns skulle kunna byggas ut för att inkludera logistik.

6.9 Fortsatt forskning

6.9.1 Fördjupade beräkningar

Under projektets genomförande har ett antal idéer om fortsatt forskning identifierats. Eftersom projektet är ett pilotprojekt har vissa förenklingar i beräkningar fått göras. Fortsatta projekt skulle kunna fokusera och fördjupas på valda delar. Ett exempel är beräkningarna av transportkostnader och dieselförbrukning som skulle kunna detaljeras till att baseras på fältnivå istället för klusternivå. Från början var tanken med projektet att räkna på alla transporter på gården men begränsningar gjordes till de största flödena som är skördade grödor från fält till gård, samt flytgödsel från gård till fält. I projektet gjordes även vissa förenklingar vad gäller indata för beräkningarna såsom val av maskiner och energiförbrukning för de olika momenten. En möjlighet är att göra beräkningarna än mer gårdsspecifika genom att utgå från gårdens verkliga situation i större omfattning.

En fråga som behöver utredas ytterligare är hur stor potentialen till kostnads- och bränsleeffektivisering är för andra gårdar i Sverige. Detta projekt har endast tittat på logistiken på fyra gårdar med mjölkproduktion eller spannmålsodling. Det skulle vara intressant att studera gårdar med annan produktionsinriktning, som är mindre eller gårdar som inte har vuxit på samma sätt som gårdarna i projektet.

6.9.2 Simuleringsverktyg för gårdslogistik

De erfarenheter som gjort under projektets gång har visat att ett simuleringsverktyg kan vara användbart för att studera de komplexa transportsystemen på en gård. Det verktyg som testades i projektet har många funktioner och kan användas flexibelt. Verktöget bedömdes ha potential att fungera bra för att testa transportkapacitetsbehov. Men det är bara en begränsad del av hela transportkedjan som testas så det skulle behövas ett mer specifikt verktyg för att få med hela kedjan och kunna se hur t.ex. fältarbete, transportkapacitet, inlastning silo och torkkapacitet samverkar i transportkedjan och för att undersöka var flaskhalsar uppstår och hur de kan förhindras.

En annan möjlighet är att utveckla ett simuleringsverktyg baserat på blockkartan från Jordbruksverket för att analysera logistikkostnaderna på en gård och hur de påverkas av val av transportslag, fordonsstorlek, grödor etc. På seminariet som hölls i slutet av projektet visade den presentation som hölls av Skogforsk att system liknande dem som utvecklats för att optimera och simulera transporter av skogsbiomassa skulle vara användbara även för jordbrukets transporter.

6.9.3 Gödselhantering

Hantering av stallgödsel på större mjölkgårdar är både transport- och personalintensiv och kräver därmed effektiv logistik för att minska bränsleförbrukning och kostnader. Simuleringen av separering av flytgödsel visade stora möjligheter att minska transport- och spridningskostnader av gödsel, men fördjupade studier krävs för att komma fram till vilken separeringsteknik som fungerar bäst i praktiken och om besparingarna skulle täcka investerings- och driftskostnader för utrustningen.

Utöver separering finns andra teknik och lösningar som också skulle vara intressant att titta på med tanke på logistikeffektivisering som till exempel:

1. Pumpning av gödsel till satellitbrunnar eller direkt till fält. Här finns stora möjligheter för att minska bränsleförbrukning och transportkostnader och som dessutom kan leda till en väsentlig ökning i spridningskapacitet. Att undvika tunga transport på vägar och genom samhälle skulle också öka trafiksäkerheten och minska besvären för närboende.
2. Etablering av satellitlager för både flytgödsel och fastgödsel. Medan satellitlagring inte skulle leda till en minskning av själva transportarbetet, skulle en effektivisering av logistiken kunna göras eftersom gödseln kan transporteras den längsta sträckan när lastbilen inte behövs för annat, till exempel vintertid. Sedan när gödseln ska spridas är avståndet mellan lager och fält kortare och gör det enklare att få ihop en effektiv logistik.
3. Spridning av flytgödsel med matarslangsteknik. Istället för att köra fram och tillbaka över fältet med en tung gödselvagn pumpas gödseln genom en slang som är kopplad direkt till spridarrampen på traktorn. Utöver besparingar i transportarbete, minskar markpackningsrisken väsentligt, eftersom man undviker att köra på fält med tunga ekipage och man kan klara spridningen med en mindre traktor. Tillsammans kan dessa faktorer leda till effektivare gödselspridningslogistik genom ökad spridningskapacitet och ett ökat tidsfönster för spridning, eftersom det lättare ekipaget gör att man kan komma igång med spridningen tidigare på året utan att riskera markpackning.

6.9.4 Management

I kartläggningen av gårdarna i projektet framgick tydligt att ledarskapet är viktigt för att få en väl fungerande verksamhet. Att studera betydelsen av management och hur man delegerar ansvar och initiativförmåga är också en möjlig fortsättning på projektet.

6.9.5 Skiftning av åkermark

Projektets resultat visade att avståndet från fält till gård har stor påverkan på kostnader och lönsamhet, framför allt för produkter där transporterad mängd är hög, t.ex. vall och flytgödsel där stora mängder vatten transporteras. En möjlighet är att undersöka vilken potential för energibesparing som skiftning av åkermark har i verkligheten och hur det skulle gå till rent praktiskt. Aspekter att undersöka är intresse hos lantbrukare, vilka drivkrafter som finns, samt om skiftningen kan lösas på andra sätt än att bokstavligen byta mark – kanske kan motsvarande effekt uppnås genom olika typer av samarbeten?

6.9.6 Benchmarking

Generellt saknas för företagaren användbara nyckeltal som visar effektiviteten i varuflödet och transportarbetet i lantbruksföretagen. Med nyckeltal för olika parametrar i produktionen kan gårdar på ett enkelt sätt jämföra sig med andra gårdar och se var potentialer till förbättringar finns.

Eftersom nyckeltal som beskriver transport- och logistikkostnader saknas för lantbruksföretag i stort, så vet vi inte hur stor spridningen är mellan företagen och inte heller vilken potential som finns för att spara kostnader på det enskilda företaget. Det är uppenbart att stora mängder som flyttas stora avstånd sammantaget ger höga kostnader. Det är dock inte givet att kostnaden per kg spannmål, mjölk eller kött är högre för företag som hanterar stora volymer jämfört med företag som hanterar mindre volymer.

Vid energikartläggning på lantbruksföretag beräknas eller uppskattas den direkta energianvändningen för varje aktivitet som drar någon form av energi (drivmedel, el, värme) t.ex. för utfodring, ventilation, belysning, växtodling eller torkning av spannmål. Vanligen finns flera hundra poster eller funktioner som drar energi och energianvändningen jämförs ofta med den produktion som sker på gården i nyckeltal som kWh per kg producerad mängd spannmål, mjölk eller kött. Men eftersom energiförbrukningen inte mäts separat för t ex olika typer av maskinarbeten, ger inte de framräknade nyckeltalen någon hjälp annat än i generella termer för hela gården.

För att få tydligare hjälp med utveckling av verksamheten behövs därför nyckeltal som beskriver energiförbrukningen för verksamheten uppdelad i tillräcklig detaljeringsgrad för att kunna säga något om hur effektivt det enskilda arbetsmomentet är på en viss gård.

För mjölkproduktionen är slutsatsen från detta att det behövs ett nyckeltal som visar energianvändning för varuflödet utan att storleken på volymen mjölk överskuggar effektiviteten i logistiken. Ett möjligt nyckeltal för att visa logistikens effektivitet i mjölkproduktionen är energianvändningen för t ex fodring per ko mätt i kWh/ko. Utöver att visa energirelaterade nyckeltal, kan även tid eller kostnader relateras till olika arbetsmoment enligt samma princip och ge nyckeltal som underlättar styrningen av företaget.

För växtodlingen används i energikartläggningar nyckeltalet liter diesel per ha eller liter diesel per ton vete. Inget av måtten fångar kostnaden för att transportera ut gödsel eller att ta hem foder och spannmål utan blir en summa för kostnaden av att odla och transportera. I Neuman (2009) kan ingen koppling mellan förbrukningen per ha och medelfältavståndet utläsas.

7 Referenser

- Jordbruksverket (www.jordbruksverket.se),
<https://jordbruketisiffror.wordpress.com/2012/01/24/forbrukningen-av-bensin-och-diesel/>
- Baky, A., Sundberg, M., Brown, N., 2010, Kartläggning av jordbrukets energianvändning. Ett projekt utfört på uppdrag av Jordbruksverket, JTI Uppdragsrapport, JTI – Institutet för jordbruks och miljöteknik, Uppsala
- Berglund, M., Clason, C., Bååth Jacobsson, S., Bergström Nilsson, S., Sund, V., 2013, Klimatavtryck av insatsvaror i jordbruket – ungnöt, smågrisar, gyltor och strömedel, Rapport från Hushållningssällskapet Halland
- Bernesson, S., Nilsson, D., 2005, Halm som energikälla. Översikt av existerande kunskap, Rapport – miljö, teknik och lantbruk 2005:07, Institutionen för biometri och teknik, SLU, Uppsala
- Edström, M., Pettersson, O., Nilsson, L., Hörndahl, T., 2005 Jordbrukets energianvändning. JTI-rapport Lantbruk och Industri nr 342. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Eklöf, P., Marknadsöversikt – Spannmål, Rapport 2014:08, Jordbruksverket, Jönköping
- Ekman, S., 2011, Konkurrensen på fodermarknaden, Rapport 2011:22 Jordbruksverket, Jönköping
- Energimyndigheten, 2010, Uppdrag energikartläggning av de areella näringarna, ER 2010:10, Energimyndigheten, Eskilstuna
- Energimyndigheten, 2014, Energianvändningen inom jordbruket 2013, ES:2014:07, Energimyndigheten, Eskilstuna
- Fråne, A., Stenmarck, Å., Sörme, L., Carlsson, A., Jensen, C., 2012, Kartläggning av plastavfallsströmmar i Sverige, SMED Rapport Nr 108 2012, SMED (Sveriges miljöemissionsdata), www.smed.se
- Gode, J., Martinsson, F., Hagberg, L., Öman, A., Höglund, J., Palm, D., 2011, Miljöfaktaboken 2011 Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el värme och transporter, A08-833, Värmeforsk, Stockholm
- Götz, S., N. Zimmermann, D. Engelhardt, and H. Bernhardt. 2014. Influencing factors on agricultural transports and their effect on energy consumption and average speed. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, Special issue 2014: Agri-food and biomass supply chains, 59–69.
- Hjorth, M., K.V. Christensen, M.L. Christensen, S.G. Sommer. 2010. Solid-liquid separation of animal slurry in theory and practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30, 153-180.
- Hushållningssällskapet, 2008, Höga transportkostnader, Tidning för Hushållningssällskapen i Jönköping, Västra Götaland och Värmland, Nr 2/2008
- IPCC, 2013, Climate change 2013: The physical science basis, contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on

- climate change, Cambridge university press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA
- IVA 2014, Energieffektivisering av skogs- och jordbruk. Hinder och möjligheter att nå en halverad energianvändning till 2050, Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien, Stockholm
- Jordbruksverket, 2013, Försäljning av mineralgödsel 2011/12, Statistikrapport 2013:07, Statistik från Jordbruksverket, Jordbruksverket, Jönköping
- Jordbruksverket, 2015, Jordbruksmarkens användning 2014 slutlig statistik, JO 10 SM 1501, Jordbruksverket, Jönköping
- Jordbruksverkets statistikdatabas,
<http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625>
- Kaspersson, E., Gullstrand, J., 2004, Ekonomiska drivkrafter för djurtransporter, Livsmedelsekonomiska institutet, Lund
- KemI & SCB, 2013, Växtskyddsmedel i jordbruket 2012, MI 31 SM 1301, KemI kemikalieinspektionen & SCB Statistiska centralbyrån
- Larsson, B. 1997. Agrarhistoria, LTs förlag, Sverige
- Larsson, M. 2004. Syns den globala uppvärmningen i den svenska snöstatistiken? Examensarbete, UU, 2004
- Lindbom, N., Olofsson, E., 2013, Lämpliga jordbruksfastigheter, Fastighetsvetenskap, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, Lund
- LRF, 2014. Stämmorapport inför riksförbundsstämma 2014. Uppföljning av LRFs energi- och livsmedelsstrategier, Lantbrukarnas riksförbund, Stockholm
- Maskinkalkylgruppen, 2012. Maskinkostnader 2012. Underlag och kalkylexempel för lantbruksmaskiner, Maskinkalkylgruppen och HIR Skåne, Bjärred
- Maskinkalkylgruppen, 2014, Maskinkostnader 2014 Underlag och kalkylexempel för lantbruksmaskiner, Maskinkalkylgruppen och HIR Skåne, Bjärred
- Naturvårdsverket, 2015a, <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-arbetsmaskiner/>
- Naturvårdsverket, 2015, National Inventory Report Sweden 2015. Greenhouse gas inventories 1990-2013, Naturvårdsverket, Stockholm
- Neuman, L. 2009. Kartläggning av energianvändning på lantbruk 2008. Rapport LRF Konsult, Borås.
- Nilsson, D., Bernesson, S., 2009, Halm som bränsle – Del 1: Tillgångar och skördetidpunkt, Rapport 011, Institutionen för energi och teknik, SLU, Uppsala
- NTM, 2010, NTM – Environmental data for international cargo transport. Road transport Europe Version 2010-06-17, NTM Nätverket för trafik och miljö, Stockholm
- Nöremark, M., Håkansson, N., Lindström, T., Wennergren, U., Sternberg Lewerin, S., 2009, Spatial and temporal investigations of reported movements,

- births, and deaths of cattle and pig in Sweden, *Acta Veterinaria Scandinavica* 2009 51:37
- Pedersen, J., 2007, Transport av gylle, FarmTest, Maskiner og planteavl nr. 61 2007, Dansk Landbruksrådgivning, Århus, Danmark
- SCB 2013a, Jordbruksstatistisk årsbok 2013 med data om livsmedel, 2013, Sveriges officiella statistik, SCB Statistiska centralbyrån
- SCB, 2013, Försäljning av kalk för jord- och trädgårdsbruk, sjöar, vattendrag och skog 2012, MI 30 SM 1303, SCB Statistiska centralbyrån
- SCB, 2014, Skörd av spannmål, trindsäd, oljeväxter, potatis och slättervall 2013 slutlig statistik, JO 16 SM 1401, SCB Statistiska centralbyrån
- SCB, 2014a, Animalieproduktion. Års- och månadsstatistik 2013:12, JO 48 SM 1402, SCB Statistiska centralbyrån
- SCB, 2014b, Gödselmedel i jordbruket 2012/13, MI 30 SM 1402, SCB Statistiska centralbyrån
- SCB, 2014c, Skörd av trädgårdsväxter 2013, JO 37 SM 1401, korrigerad version 2014-08-27, SCB Statistiska centralbyrån
- Jordbruksverket, 2014, Jordbruksstatistisk årsbok 2014, Jordbruksverket, Jönköping.
- Sjöfartsverket, 2011, Sjöfartens utveckling 2011, Sjöfartsverket
- SPBI, 2015, <http://spbi.se/statistik/skatter-2/skatter/>
- SPBI, 2015a, <http://spbi.se/statistik/priser/>
- Trafikanalys, 2012, Godsflöden i Sverige. Analys av transportstatistik inom lastbilstrafik, bantrafik och sjötrafik, Rapport 2012:8, Trafikanalys, Stockholm
- Trafikanalys, 2014, Lastbilstrafik 2013, Statistik 2014:12, Trafikanalys, Stockholm
- Trafikverket, 2014, Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5.1, Kapitel 14 Fordons och transportkostnader för godstrafik, Version 2014-04-01, Trafikverket
- Vierth, I., Mellin, A., Hylén, B., Karlsson, J., Karlsson, R., Johansson, M., 2012, Kartläggning av godstransporterna i Sverige. Rapport till Trafikanalys inom uppdraget Transporter av gods – kunskapsunderlag och nulägesanalys, VTI publikation 2012-05-11, VTI Vägtrafikinstitutet

Bilaga 1. Metod för beräkningarna

Uppgifterna om lastvikt hämtades från uppgifter på gårdarna och användes för att beräkna bränsleförbrukningen och framgår av Tabell 20.

Tabell 20. Lastvikter och beräknade bränsleförbrukningar för fallstudiegårdarna.

Moment	Lastvikt (ton/lass)	Bränsleförbrukning (liter/km)
Ola Gård		
Bränsleförbrukning lastbil gödsel	36	0,50
Bränsleförbrukning lastbil spannmål	36	0,50
Bränsleförbrukning lastbil vall	31	0,48
Bränsleförbrukning traktor gödsel	14	0,60
Bränsleförbrukning traktor spannmål	12	0,56
Bränsleförbrukning traktor vall	13	0,56
Vallens Gård		
Bränsleförbrukning lastbil gödsel	35	0,50
Bränsleförbrukning lastbil spannmål	36	0,50
Bränsleförbrukning lastbil vall	31	0,48
Bränsleförbrukning traktor gödsel	20	0,60
Bränsleförbrukning traktor spannmål	12	0,56
Bränsleförbrukning traktor vall	13	0,56
Lillvreta		
Bränsleförbrukning lastbil spannmål	36	0,50
Bränsleförbrukning traktor spannmål	12	0,56
Kyrkeby Egendom		
Bränsleförbrukning lastbil spannmål	36	0,50
Bränsleförbrukning traktor spannmål	14	0,62

De tider för lastning och lossning som användes i beräkningarna visas i Tabell 21.

Tabell 21. Indata för beräkning av tid per lass för lastning och lossning.

Specifikation	Värde
Vall lossning traktor	2 min
Vall lastning lastbil	20 min
Vall lossning lastbil	20 min
Spannmål lossning traktor	2 min (Lillvreta), 5 min (Kyrkeby)
Spannmål lastning traktor	10 min (Lillvreta), 20 min (Kyrkeby)
Spannmål lossning lastbil	20 min
Spannmål lastning lastbil	20 min
Gödsel lossning traktor	1,5 min
Gödsel lastning traktor	4 min
Gödsel lossning lastbil	3,5 min
Gödsel lastning lastbil	6,5 min

Bilaga 2. Beräkningar gårdarna

Tabell 22 visar brukad areal, transportavstånd och skördenivå för klustren på Kyrkeby Egendom. I tabellen skiljer avståndet för lastbils- och traktortransport för vissa kluster eftersom lastbilarna, men inte traktorerna, på vissa sträckor kan köras på motorväg. I Tabell 23 visas spannmålets transportarbete uttryckt som tonkm och tonkm/ha.

Tabell 22. Grödarealer, avkastning, transportavstånd till lager på Irvingsholm (för klustren i Irvingsholm, Vintrosa och Norrgårda) och Kyrkeby (övriga kluster) samt transportavstånd från kluster direkt till spannmålsmottagning i Kumla (LM).

Kluster (gröda*)	Areal (ha)	Avstånd lager lastbil (km)	Avstånd lager traktor (km)	Avstånd LM direkt lastbil (km)	Avstånd LM direkt traktor (km)	Skörd (ton/ha)
Kyrkeby Sörby (HV)	273	1	1	10	10	7,5
Kyrkeby Sörby (K)	6	2	2	11	11	6
Bondsäter (HV)	53	4	4	14	14	7,5
Kyrkeby Sörby (VV)	209	4	7	11	11	7,5
Bondsäter (HR)	93	5	5	15	15	4
Ekeby (VV)	40	10	9	15	14	7,5
Ekeby (HV)	46	11	11	13	13	7,5
Rala / Sanna (HV)	138	15	14	8	7	7,5
Ålsta / Alm (Ä)	98	15	15	9	9	4,75
Ålsta / Alm (HV)	176	15	14	9	9	7,5
Rala / Sanna (H)	174	16	15	9	8	6
Norrby (HR)	60	18	17	11	10	4
Hackvad (H)	82	24	23	20	19	6
Medinge (HR)	73	41	48	50	57	4
Irvingsholm (HV)	121	2	2	31	29	7,5
Irvingsholm (K)	245	2	2	30	29	6
Irvingsholm (HR)	95	2	2	27	29	4
Vintrosa (K)	38	7	9	29	29	6
Norrgårda (VRy)	21	23	31	6	8	4
Summa	2039					

*HV= höstvetete, K=korn, VV= vårvetete, HR= höstraps, Ä=ärter, H=havre, VRy=vårrys

Tabell 23. Transporterad mängd per kluster samt transportarbete till lager på Irvingsholm (för klustren i Irvingsholm, Vintrosa och Norrgårda) och från kluster till spannmålsmottagning i Kumla (LM) för övriga kluster.

	Mängd	Traktor via mellanlager		Lastbil via mellanlager	
	(ton)	(tonkm)	(tonkm/ha)	(tonkm)	(tonkm/ha)
Kyrkeby Sörby (HV)	2045	25 056	92	25 228	93
Kyrkeby Sörby (K)	34	441	78	435	77
Bondsäter (HV)	398	6 115	115	6 172	116
Kyrkeby Sörby (VV)	1566	29 235	140	24 445	117
Bondsäter (HR)	371	6 142	66	6 131	66
Ekeby (VV)	298	6 132	154	6 358	160
Ekeby (HV)	343	7 590	166	7 583	166
Rala / Sanna (HV)	1037	26 096	189	26 973	195
Ålsta / Alm (Ä)	466	12 157	124	12 136	124
Ålsta / Alm (HV)	1319	33 773	192	34 330	195
Rala / Sanna (H)	1047	27 940	160	28 686	164
Norrby (HR)	238	6 718	113	6 889	116
Hackvad (H)	490	17 021	209	17 197	211
Medinge (HR)	292	17 153	235	15 198	208
Irvingsholm (HV)	910	1 679	14	1 793	15
Irvingsholm (K)	1467	2 572	11	2 976	12
Irvingsholm (HR)	381	936	10	951	10
Vintrosa (K)	227	2 099	56	1 559	41
Norrgårda (VRy)	85	2 611	123	1 975	93
Summa		231 465		227 018	

*HV= höstvetete, K=korn, VV= vårvete, HR= höstraps, Ä=ärtor, H=havre, VRy=vårrybs

Tabell 24 visar brukad areal, transportavstånd och skördenivå för klustren på Lillvreta och Tabell 25 visar spannmålsens transportarbete uttryckt som tonkm och tonkm/ha.

Tabell 24. Grödarealer, avkastning, transportavstånd till brukningscentrum på Lillvreta samt avstånd till mellanlager.

Kluster (gröda*)	Areal (ha)	Avstånd till Lillvreta (km)	Avstånd kluster till mellanlager (km)	Skörd (ton/ha)
Lillvreta (HV)	141	2	2	6,0
Forsa (K)	29	14	14	5,0
Viksta (HV)	12	20	8	6,0
Alberga (K)	11	24	9	5,0
Ekeby (K)	31	24	4	5,0
Ekeby (HV)	41	25	3	6,0
Åkra (VV)	88	28	1	6,0
Kättslinge (VV)	95	32	4	6,0

Kättslinge (H)	101	33	2	4,8
Kättslinge (HV)	71	34	1	6,0
Kättslinge (K)	82	34	2	5,0
Kättslinge (RG)	47	36	2	7,0
Summa	749			

*HV= höstvetete, K=korn, VV= vårvetete, RV=rågvete, H=havre

Tabell 25. Transporterad mängd per kluster samt transportarbete till spannmålsmottagning i Uppsala (LM) dels via mellanlager och dels vid direkttransport från kluster till spannmålsmottagning.

Kluster (gröda*)	Skörd (ton/kluster)	Transportarbete, via mellanlager		Transportarbete, direkt till LM	
		(tonkm)	(tonkm/ha)	(tonkm)	(tonkm/ha)
Lillvreta (HV)	848	17 905	127	16 288	115
Forsa (K)	146	4 790	164	3 482	119
Viksta (HV)	73	3 438	281	2 272	186
Alberga (K)	55	2 589	237	1 892	173
Ekeby (K)	153	6 600	216	5 357	175
Ekeby (HV)	243	10 283	254	8 646	213
Åkra (VV)	530	21 006	238	20 810	236
Kättslinge (VV)	568	27 839	294	26 080	275
Kättslinge (H)	486	23 600	233	22 552	223
Kättslinge (HV)	424	20 362	288	19 963	282
Kättslinge (K)	408	20 008	245	19 352	237
Kättslinge (RG)	331	16 854	357	16 205	343
Summa		175 274		162 900	

*HV= höstvetete, K=korn, VV= vårvetete, RV=rågvete, H=havre

Tabell 26 visar brukad areal, transportavstånd och skördenivå för klustren på Vallens gård och

Tabell 27 visar spannmålens transportarbete uttryckt som tonkm och tonkm/ha.

Tabell 26. Grödarealer, transportavstånd till lager på brukningscentrum på Vallens samt skörd och flytgödselgiva.

Kluster (gröda*)	Areal (ha)	Avstånd lager (km)	Skörd (ton/ha)	Flytgödselgiva (ton/ha)
Vallens (K)	12	5	6,3	40
Färila (K)	21	9	6,3	35
Färila (VV)	32	11	6,9	35
Delsbo (VV)	103	34	6,9	30
Undersvik (K)	135	34	6,9	35
Vallsta (K)	1	44	6,9	40
Snaten (K)	12	47	6,3	35
Nytorp (K)	8	48	6,3	35
Nytorp (VV)	37	50	6,9	35
Vallens (GF)	30	3	25,7	40
Vallens (Vall)	133	4	25,7	40
Färila (GF)	81	9	25,7	40
Färila (Vall)	92	10	25,7	30
Åbo (Vall)	27	16	25,7	30
Håvra (Vall)	68	21	25,7	30
Järvsö (Vall)	21	21	25,7	30
Undersvik (Vall)	26	33	25,7	35
Delsbo (Vall)	40	33	24,3	30
Vallsta (Vall)	59	45	25,7	40
Snaten (GF)	18	46	25,7	40
Snaten (Vall)	80	47	25,7	30
Nytorp (Vall)	36	51	25,7	30
Summa	1070			

* K=korn, VV= vårvete, GF=grönfoder

Tabell 27. Transporterad mängd gröda och gödsel (ton per kluster) samt transportarbete (tonkm och tonkm/ha) för grödan från kluster till lager på brukningscentrum på Vallens samt omvänd väg för gödseln.

Kluster (gröda*)	Gröda (ton)	Gröda (tonkm)	Gröda (tonkm/ha)	Gödsel (ton)	Gödsel (tonkm)	Gödsel (tonkm/ha)
Vallens (K)	78	378	31	494	2 397	194
Färila (K)	133	1 287	61	736	7 140	339
Färila (VV)	218	2 380	75	1 111	12 106	381
Delsbo (VV)	711	24 055	233	3 099	104 892	1 015
Undersvik (K)	926	32 061	238	4 712	163 099	1 211

Vallsta (K)	4	175	307	23	1 018	1 786
Snaten (K)	76	3 605	298	424	20 007	1 653
Nytorp (K)	51	2 469	306	282	13 705	1 698
Nytorp (VV)	255	12 816	345	1 299	65 197	1 757
Vallens (GF)	769	2 119	71	1 196	3 296	110
Vallens (Vall)	3 409	14 454	109	5 304	22 483	170
Färila (GF)	2 080	19 638	243	3 236	30 548	378
Färila (Vall)	2 358	24 217	264	2 751	28 254	308
Åbo (Vall)	685	11 107	417	799	12 958	487
Håvra (Vall)	1 743	37 089	547	2 034	43 270	638
Järvsö (Vall)	537	11 571	554	626	13 499	647
Undersvik (Vall)	659	21 850	853	897	29 740	1 160
Delsbo (Vall)	979	32 484	806	1 210	40 127	995
Vallsta (Vall)	1 510	68 918	1 174	2 349	107 206	1 826
Snaten (GF)	451	20 589	1 175	701	32 027	1 828
Snaten (Vall)	2 061	98 095	1 224	2 405	114 444	1 428
Nytorp (Vall)	933	47 866	1 319	1 088	55 844	1 539
Summa	20 626	489 221	10 650	36 775	923 257	21 550

* K=korn, VV= vårvete, GF=grönfoder

Tabell 28 visar brukad areal, transportavstånd och skördenivå för klustren på Ola gård och

Tabell 29 visar spannmålens transportarbete uttryckt som tonkm och tonkm/ha.

Tabell 28. Grödarealer, transportavstånd till lager på brukningscentrum på Ola samt skörd och flytgödselgiva.

Kluster (gröda*)	Areal (ha)	Avstånd lager (km)	Skörd (ton/ha)	Flytgödsel (ton/ha)
Ola gårdscentrum (V)	60	0,9	17,1	50
Bladåker Norra (V)	36	1,7	17,1	50
Väslinge (V)	36	2,5	17,1	50
Norrgarn (V)	34	3,0	17,1	50
Bladåker Södra (V)	7	3,9	17,1	50
Tunnbindartorp (V)	22	6,6	17,1	50
Upplands Ekeby (V)	101	9,8	17,1	50
Västerbol (V)	18	10,4	15,7	35
Sotter (V)	20	17,6	15,7	35
Söderby (V)	48	18,7	17,1	35
Ununge(V)	76	35,1	15,7	35
Väslinge (Sp)	3	2,2	3,5	40
Norrgarn (Sp)	28	3,0	3,5	40
Sotter (Sp)	92	18,0	2,0	35
Summa	580			

* V=vall, Sp= spannmål

Tabell 29. Transporterad mängd gröda och gödsel (ton per kluster) samt transportarbete (tonkm och tonkm/ha) för grödan från kluster till lager på brukningscentrum på Vallens samt omvänd väg för gödseln.

Kluster (gröda*)	Gröda ton	Gröda ton-km	Gröda ton- km/ha	Gödsel ton	Gödsel ton-km	Gödsel ton- km/ha
Ola gårdscentrum (V)	1 027	1 143	19	2 997	2 326	39
Bladåker Norra (V)	621	1 183	33	1 812	4 222	117
Väslinge (V)	618	1 660	46	1 804	4 074	113
Norrgarn (V)	580	1 860	55	1 691	5 858	173
Bladåker Södra (V)	112	460	70	328	1 482	226
Tunnbindartorp (V)	375	2 564	117	1 095	7 945	363
Upplands Ekeby (V)	1 730	17 302	171	5 047	48 315	479
Västerbol (V)	282	3 000	167	628	6 950	388
Sotter (V)	315	5 607	280	702	12 787	638
Söderby (V)	820	15 499	324	1 675	32 357	676
Ununge(V)	1 192	42 028	554	2 655	94 739	1 249
Väslinge (Sp)	10	24	9	114	230	81

Norrgarn (Sp)	98	315	11	1 125	3 884	138
Sotter (Sp)	184	3 351	36	3 217	60 010	653
Summa	7 967	95 996		24 888	285 177	

* V=vall, Sp= spannmål

Bilaga 3. Uppskattning av transportarbete inom svenskt jordbruk

Inledning

Jordbruket är beroende av transporter av olika slag, dels av varor och förnödenheter till gård och producerade varor från gård. Dessutom sker transporter inom gården samt mellan gårdar. Jordbruket använder årligen ca 2,6 TWh diesel, vilket motsvarar ca 269 000 m³ diesel (Energimyndigheten, 2014). Av denna mängd diesel används i storleksordningen 1,5 TWh, ca 160 000 m³ diesel, vid odling och skörd, detta inkluderar transporten av redskap och maskiner till och från fält (Energimyndigheten, 2010). I siffran ingår förutom fältarbeten, skörd och transporter till och från fält även dieselförbrukning som kan härledas till jordbrukets kombinationsverksamheter, exempelvis snöröjning och skogsarbete m.m. IVA (2014) som uppskattar jordbrukets energianvändning vid transportarbete till 1 TWh. Jordbruksverket (www.jordbruksverket.se) anger dieselförbrukningen vid transport till 153 000 m³, siffran gäller för sektorn jordbruk och fiske. Transporter till och från gården utförs ofta av transportörer utanför jordbruket och återfinns i statistiken från Trafikverket i sektorn inrikes transporter (Trafikanalys, 2014).

Jordbruket i Sverige har som målsättning att minska sin energiförbrukning. Användningen av energi domineras av drivmedel, främst diesel. Det finns ett värde i att belysa jordbrukets andel av de totala transporterna i Sverige. Dels för att identifiera deras storlek och omfattning men även för att kunna identifiera vart det kan vara intressant eller möjligt att vidta åtgärder för att minska användningen av diesel.

Målet med denna kartläggning är att visa vilken storleksordning som transporter till och från jordbruket samt transporter inom jordbruket har. Kartläggningen är avgränsad till att omfatta transporter på nationell nivå. Energianvändning (MWh), kostnader (kr) samt miljöpåverkan ska belysas. Miljöpåverkan är begränsad till klimatpåverkan (mängd CO₂-ekvivalenter). Kartläggningen är en grov uppskattning av det transportarbete som är relaterat till jordbruket. Transporter framförallt inom gård och mellan gårdar kan ske på många olika vis som uppvisar en stor spridning avseende transporteffektivitet och därmed energianvändning, miljöpåverkan och kostnader.

Beräkningsgång

Uppskattningen av energiförbrukning, kostnad och klimatpåverkan för jordbrukets transporter inleds med genomgång av de allmänna indata som använts i beräkningarna, sedan följer mer specifika indata uppdelat i olika undergrupper till transporter till och från gårdar, respektive transporter inom och mellan gårdar. Därefter följer resultatet där först summan för respektive undergrupp presenteras för att till slut summeras.

Allmänna indata för beräkningar

Beräkning av energianvändning

Energianvändningen för jordbrukets transporter på väg och till sjöss domineras av fossila drivmedel som diesel och bensin, framförallt diesel. För järnvägstransporter används företrädesvis el.

För lastbilstransporterna används många typer av lastbilar med olika lastvolym och totalvikt, vilket påverkar hur stor last som de kan lasta i samband med transport. I Tabell 30 finns data för drivmedelsförbrukning vid lastbilstransport beräknad utifrån en sammanställning av olika transportfordon och deras drivmedelsförbrukning hämtad från NTM (2010). Enligt NTM (2010) fördelar sig lastbilstrafiken på olika typ av vägar enligt följande; 21 % på motorväg, 57 % på landsvägar och 22 % sker på vägar i urban trafik. Genom att kombinera bränsleförbrukningen med typen av väg beräknades medelförbrukningen för lastbil med och utan last, se Tabell 30.

Tabell 30. Drivmedelsförbrukning (l/km) för lastbilar beräknad från NTM (2010).

Fordon	Utan last	Med last	Medel
Lastbil utan släp	0,195	0,278	0,237
Lastbil med släp	0,279	0,521	0,400
Lastbil alla typer	0,223	0,367	0,295

Vid traktortransporter användes uppgifter om drivmedelsförbrukning per timme vid ett givet effektuttag från Maskinkalkylgruppen (2014). Medelhastighet på väg antogs vara 20 km per timme.

Beräkning av klimatpåverkan

Data för klimatpåverkan från användning av diesel hämtas från Gode m fl. (2011) som anger de klimatpåverkande utsläppen till 2,8 kg CO_{2e} per liter diesel. I de fall där sammanvägda emissionsdata inte finns används viktning av växthusgaserna koldioxid (CO₂), metan (CH₄) och lustgas (N₂O) med faktorer för potentiellt bidrag till växthuseffekten enligt IPCC (2013), GWP₁₀₀ (Tabell 31).

Tabell 31. Viktningsfaktorer till GWP₁₀₀ (IPCC, 2013).

Emission	Faktor	Enhet
koldioxid (CO ₂)	1	kg CO ₂ -ekvivalenter
metan (CH ₄)	28	kg CO ₂ -ekvivalenter
lustgas (N ₂ O)	265	kg CO ₂ -ekvivalenter

Beräkning av transportkostnader

Kostnader för transport med traktor och vagn beräknas med hjälp av timkostnader från Maskinkalkylgruppen (2014).

Transportkostnaden för jordbruksprodukter med lastbil beräknades till 133 kr/ ton och för lastbil med släp till 101 kr/ ton (Tabell 32). Som underlag för beräkningarna

användes information om fasta och rörliga kostnader för lastbilar från Trafikverket (2014), bränsleförbrukning från NTM (2010) samt godsmängd, transportsträcka och antal transporter från Trafikanalys (2014).

Tabell 32. Beräknad transportkostnad i kr/ km eller kr/ ton vid transport på väg med lastbil.

Kostnad	Lastbil	Lastbil & släp	Lastbil, medel
Per kilometer	23	17	20
Per ton gods	133	101	117

Beräkning av transportavstånd

Transportavståndet från fält till gårdscentrum uppskattades från en länsvis sammanställning av medelstorleken på gårdar och gårdarnas andel åkermark från Lindbom & Olofsson (2013). Utifrån denna beräknades medeltransportavståndet för varje län, se Tabell 33. Medeltransportavståndet för hela Sverige beräknades 1,2 km. Det största avståndet inom gård finns i Jämtlands län med 2,2 km och det lägsta avståndet finns i Skåne med 0,5 km enkel väg mellan fält och gård.

Tabell 33. Medelstorlek på gård (ha), andel åkermark på gård (%) och den beräknade sträckan enkel väg mellan gård och fält (km enkel väg) (Lindbom & Olofsson, 2013).

Län	Medelstorlek på gård (ha)	Andel åkermark (%)	Avstånd (km)
Jämtland	256,9	12,1	2,206
Västernorrland	248,3	13,	2,084
Norrbottn	218,6	16,1	1,764
Gävleborg	195,7	16,9	1,629
Södermanland	189,9	36,2	1,096
Kronoberg	198,1	17,8	1,597
Västerbotten	185,8	19,1	1,493
Jönköping	177,4	19,9	1,429
Kalmar	173,9	27,9	1,195
Värmland	168,7	29,1	1,153
Stockholm	168,5	36,0	1,036
Västmanland	158,1	39,1	0,963
Östergötland	153,6	38,1	0,961
Blekinge	139,5	28,7	1,055
Dalarna	134,4	28,9	1,032
Gotland	128,1	39,0	0,868
Uppsala	125,5	41,9	0,829
Örebro	123,2	42,2	0,818
Västra Götaland	108,6	44,0	0,752
Halland	76,8	58,6	0,548
Skåne	75,6	70,9	0,494
Medelvärde	162,2	32,2	1,2

Beräkning av energiåtgång, klimatpåverkan och kostnader för transporter

Beräkningen av energiåtgång, klimatpåverkan och kostnader för jordbrukets transporter i Sverige delas här upp i transporter till och från gårdar respektive transporter inom och mellan gårdar.

Transporter till och från gårdar

Uppskattningen av transporterna till och från gårdar baserades huvudsakligen på statistik över transporterade godsmängder i Sverige. Enligt Vierth m fl. (2012) transporteras i stort sett allt gods med ursprung från jord-skogsbruk och fiske med inhemska lastbilstransporter (tabell 34). Godset delas in i varugrupperna jordbruksprodukter, livsmedel samt animaliska fetter och vegetabiliska oljor och fetter. Dessa varugrupper innefattar spannmål, potatis, grönsaker, sockerbeter, oljefrön, levande djur, livsmedel och djurfoder och utgör 13 % av total transporterad vikt i Sverige (Vierth m.fl., 2012).

Enligt Trafikanalys (2012) utgör inrikes godstransporter med fartyg av varor från jordbruk, skogsbruk och fiske ca 5 % av total transporterad mängd. För inrikes godstransporter med järnväg utgör jord- skogsbruk och fiske 12 % av den transporterade mängden (Trafikanalys, 2012).

Tabell 34. Procentuell fördelning av gods med ursprung från jord-, skogsbruk och fiske till olika transportkedjor (Vierth m.fl., 2012).

Transportkedja	Jordbruk
Väg	93 %
Väg och sjöfart	2 %
Järnväg & järnväg + annat	3 %
Okänt	2 %

Enligt Trafikanalys (2014) var mängden transporterade varor år 2013 med ursprung från jordbruk, skogsbruk och fiske 46 871 kton vilket motsvarar 17 % av den totala transporterade godsmängden i Sverige (tabell 35). Av varugruppen jordbruk, skogsbruk och fisketotala transporter utgör transporter av rundvirke 35 331 kton. Last med ursprung i jordbruk och fiske utgör 11 540 kton. Då ingen information finns avseende fördelningen av transporterat gods mellan jordbruk och fiske allokerades hela transportarbetet, efter rundvirkestransporterna tagits bort, till jordbruket. Årligen transporteras totalt ca 329 000 m³ flytande bränslen som diesel, bensin, eldningsolja, etanol (E85) och RME till jordbruket (Energimyndigheten, 2014), vilket är ungefär 269 kton och motsvarar ca 3,1 % av den totala mängden flytande bränslen som transporteras i Sverige. Kemikalier utgörs av mineralgödsel, bekämpningsmedel m.m. Av den totala mängden kemikalier som transporteras i Sverige allokerades 13,4 % till transporter som berör jordbruket. För övriga identifierade produkter, ickemetalliska mineraliska produkter, plast och kalk, allokerades 1,72 % av produktgruppens totala transportarbete till jordbruket.

I Tabell 35 visas Transportarbete av produkter från jordbruk och fiske samt andra varugrupper som används inom jordbruket. Både totala transportarbetet och

transportarbetet som berör jordbruket visas. Totala transporter och antal transporter gäller för det totala transportarbetet och används för att beräkna medellast och medelsträcka. Medellast och -sträcka är överförbar till jordbruket.

Tabell 35. Totala inrikes godstransporter av produkter från jordbruk, och fiske och transport av andra varugrupper nyttjade av jordbruket med svenska bilar (Trafikanalys, 2014) samt transportarbete allokerat till jordbruk.

	Jordbruk och fiske	Flytande bränslen	Kemikalier	Övriga produkter	Enhet
Transporterad mängd	11 540	269	654	241	kton
Medellast	21	24	18	19	ton
Medelsträcka	120	101	169	87	km

Lastbilstransporter till jordbruket

Till jordbruket transporteras foder samt insatsvaror till odlingen som drivmedel, utsäde, bekämpningsmedel och gödselmedel etc. (tabell 36). Uppskattningsvis transporteras ca 2 200 kton av olika varor och produkter till jordbruket, dessutom levereras 329 000 m³ bränslen som diesel, bensin och eldningsolja, Etanol (E85) och RME samt 476 000 m³ biobränslen. Biobränslen inkluderades inte i transporterad mängd till jordbruket. Orsaken är att biobränsle transporteras både av externa transportörer till och från gård och av jordbrukare i egen regi mellan och inom gårdar. Information saknas om fördelning mellan de olika sätten att transportera.

Tabell 36. Mängder av förnödenheter som årligen levereras till det svenska jordbruket.

Produkt	Mängd	Enhet	Referens
Bekämpningsmedel	4 828	ton	Keml & SCB, 2013
Foder	1 283 464	ton	SCB, 2013a
Mineralgödsel	649 057	ton	Jordbruksverket, 2013
Kalk	222 900	ton	SCB, 2013
Plast	18 000	ton	Fråne m fl., 2012
Diesel	268 570	m ³	Energimyndigheten, 2014
Diesel	219 690	ton	
Bensin	9 041	m ³	Energimyndigheten, 2014
Bensin	6 799	ton	
Eldningsolja	46 908	m ³	Energimyndigheten, 2014
Eldningsolja	36 403	ton	
Etanol (E85)	78	m ³	Energimyndigheten, 2014
Etanol	61	ton	
RME	3 864	m ³	Energimyndigheten, 2014
RME	3 416	ton	

Lastbilstransporter från jordbruket

Jordbruket producerar en stor mängd vegetabilier och animalier (

tabell 37). Vegetabilier används som livsmedel, foder eller för framställning av energi, exempelvis etanol och biogas. För animalier anger värdena antal slaktdjursbesiktningar, d.v.s. antal hela och till hela omräknade halva kroppar och vikten slaktdjur utgörs av besiktade slaktdjur omräknat till kvantitet kött med ben (SCB 2014a).

Tabell 37. Producerade mängder per år av grödor och animalier enligt svensk statistik över jordbrukets produktion.

Produkt	Mängd	Enhet	Referens
Vegetabilier			
Spannmål	4 985 200	ton	SCB, 2014
Vall	8 336 736	Ton ^a	Jordbruksverkets statistikdatabas
Oljeväxter	331 200	ton	SCB, 2014
Potatis	806 100	ton	SCB, 2014
Socketbetor	2 326 200	ton	Jordbruksverkets statistikdatabas
Övriga grödor	119 100	ton	Jordbruksverkets statistikdatabas
Trädgårdsväxter	368 300	ton	SCB, 2014c
Summa vegetabilier	17 272 836	ton	
Animalier			
Nöt	417 380	st.	SCB, 2014a
	122 000	ton	SCB, 2014a
Svin	2 550 710	st.	SCB, 2014a
	234 000	ton	SCB, 2014a
Fjäderfä	87 572 860	st.	SCB, 2014a
	124 000	ton	SCB, 2014a
Får och lamm	252 880	st.	SCB, 2014a
	4 900	ton	SCB, 2014a
Summa animalier	484 900	ton	
Ägg	103 400	ton	SCB, 2014a
Mjök	2 868 000	ton	SCB, 2014a

^a Antagen torrs substans för vall 40 %. Omräknat från Jordbruksverkets statistikdatabas som anger skörden vid vattenhalten 16,5 %.

Spannmål levereras till största delen till spannmålmottagningar och distribueras därifrån till olika användning. En del spannmålen blir kvar på gårdarna eller säljs direkt mellan gårdar. Det går inte att säkert uppskatta hur stor andel av den producerade spannmålen som levereras från gårdar, hur stor andel som blir kvar och hur stor del som säljs direkt mellan företag.

Sammanställning av spannmålbalansen i Sverige har gjorts av Eklöf (2014), år 2010/11 användes 2 440 kton spannmål som foder. Enligt Ekman (2011) använde svenska fodertillverkare ca 990 kton spannmål till sin produktion. Resterande mängd, ca 1 450 kton används direkt på gården som foder. Hur mängden fördelar sig mellan direkt användning på den gård där den odlades eller sålts direkt mellan olika gårdar finns ingen information om (Ekman, 2011).

Transporter av levande djur sker i första hand till slakterier men djur transporteras även mellan gårdar. En djurtransport bestående av lastbil och släp kan lasta 20-25 nötboskap. Transport av grisar med lastbil och släp kan maximalt lasta 200 grisar (Kaspersson & Gullstrand, 2004). Uppskattningsvis transporteras djur i Sverige ca 30 miljoner km varje år. Ca 75 % av transportererna körs till slakterier (Nöremark m.fl., 2009). De flesta transporter är kortare än 100 km, detta gäller för 87 % av nötkreaturen och 74 % av svinen. I Tabell 37 visas antalet djur som år 2013 levererades till slakterier samt vilken vikt som vägts in av animalier vid slakterier (SCB, 2014a).

Transport med båt och järnväg

Enligt Trafikanalys (2014a) transporterar jordbruk, skogsbruk och fiske 621 kton gods per år med båt. Av detta är 320 kton spannmål och 148 kton rundvirke och en restpost på 153 kton där fördelningen mellan jord-, skogsbruk och fiske är okänd. Transportarbetet för spannmål är 142 miljoner tonkm och medeltransportavståndet är 444 km. Kostnaden för båttransport är 0,03 - 0,04 kr/ tonkm (Sjöfartsverket, 2011). Det ger en kostnad per ton spannmål på 25 - 34 kr/ ton.

Transporter med tåg ger små utsläpp av koldioxid och luftföroreningar jämfört med andra trafikslag. Järnvägstrafiken svarar för mindre än 1 % av transportsektorns samlade utsläpp av koldioxid. Det beror dels på att järnvägsnätet till största delen är elektrifierat, dels på att spårburen trafik har lågt rullmotstånd och att det är möjligt att frakta stora mängder gods och många passagerare samtidigt. Det finns inga bra data på hur stor andel eller mängd av jordbrukets produkter som transporteras på järnväg. I Trafikanalys (2014a) anges kostnaden för järnvägstransport till 0,03-0,04 kr per tonkm. Totalt transporteras på det svenska järnvägsnätet 10 737 kton gods till ett transportarbete på 4 902 miljoner tonkm. Genomsnittspriset för gods transporterat på järnväg blev 14 - 18 kr per ton gods.

Transporter inom och mellan gårdar

Till transporter inom gårdar räknas de transporter som sker till och från fält av maskiner m.m. för fältarbete och skörd, transport av gödsel till fält alternativt via mellanlager, transporter av skördad gröda och halm från fält till gård eller direkt till leverantör. Transporter mellan gårdar sker av t.ex. fodergrödor, gödsel och levande djur. Av tabell 38 framgår årligt producerade mängder. Uppgifter om hur dessa transporter utförs saknas.

Tabell 38. Mängd och typ av gödsel från olika djurslag samt mängden bärgad halm och vallgröda.

Stallgödsel	Mängd	Enhet	Referens
Fastgödsel	3 290	kton	SCB, 2014b
Kletgödsel	510	kton	SCB, 2014b
Djupströ	790	kton	SCB, 2014b
Urin	1 010	kton	SCB, 2014b
Flytgödsel	21 660	kton	SCB, 2014b
Summa gödsel	27 260	kton	
Vall	8 337	kton	SCB, 2014
Halm	1 160	kton	Nilsson & Bernesson, 2009

Transport av gödsel från lager till fält

Gödsel transporteras mellan lager på gården till fältet där den sprids, ibland via ett satellitlager. Transporten sker med traktor eller lastbil och i vissa fall pumpas flytgödsel från gård till satellitlager närmare fält. En dansk undersökning av kostnaderna för att transportera gödsel med traktor och vagn, lastbil eller med pumpning via rörledningssystem visade att för transportavstånd över ca 5 km är det ekonomiskt mer fördelaktigt att transportera med lastbil (Pedersen, 2007). Enligt Hushållningssällskapet (2008) minskade kapaciteten för spridning av flytgödsel med 80 % när avståndet till fält ökade från 0,5 km till 15 km. Samtidigt ökade kostnaderna per m³ flytgödsel med en faktor 5,5 - 6,0 beroende på hur stor gödseltunna som användes för transport och spridning. I energikartläggningen av de areella näringarna (Energimyndigheten, 2010) beräknades att spridning av gödsel att förbrukar mellan 0,36 och 0,68 liter diesel per ton gödsel. Då ingick en transport på 0,5 km enkel väg vilket utgör en mindre del av den totala drivmedelsförbrukningen vid hanteringen av stallgödsel från lager till fält. I Edström m fl. (2005) anges ett förhållande mellan andelen diesel som förbrukas vid lastning och spridning jämfört andelen som används för att transportera gödsel. 30 – 40 % av dieseln används i samband med lastning och spridning och resterande andel 60 – 70 % används vid transport av gödsel. I Baky m fl. (2010) beräknades diesel-förbrukningen från lager till och med spridning i fält till 12 500 m³ diesel per år.

Från SCB (2014b) hämtades information om mängden stallgödsel i Sverige. Stallgödsel delades in i flyt- och fastgödsel, flytgödsel utgörs av flytgödsel och urin och fastgödsel av fast-, djupströ och kletgödsel. Från Maskinkalkyl (2014) hämtades data om kostnader för flyt- och fastgödselspridare och tillhörande traktorer, arbetskostnad och dieselförbrukning. Transportarbetet för gödsel inkluderade lastning av gödsel i gödseltunna samt körning till och från fält. Spridning på fältet ingick inte i beräkningen.

Transport av halm från fält till lager

Halm samlas in för olika ändamål som strö och foder till djur eller som bränsle. Olika system för insamling av halm i balar och som lös halm har studerats av Nilsson & Bernesson (2005). De jämförde hantering av halm i stora och små fyrkantsbalar, rundbalar, transport av hackad halm och halm bricketterad i fält. Balarna transporterades ca 2-3 km.

Kostnaden för fälttransport varierar mellan 30 och 100 kr per MWh halm (Bernesson & Svensson, 2005). Med ett värmevärde på 4 MWh/ ton vid 15 % vattenhalt blir kostnaden för att transportera halm 120 - 400 kr/ ton. Kostnaden påverkas av faktorer som sträcka, ekipagets lastkapacitet, storlek på traktor och vagn. Dieselförbrukningen för lastning, transport och lossning av halm är beräknad från Berglund m.fl. (2013). När transporten sker med traktor och vagn mellan fält och lager är dieselförbrukningen 2 l/ ton och 1,6 l/ ton för rund- respektive fyrkantsbalar. Detta gäller för en traktortransport på 7 km med en medelhastighet av 20 km/h inklusive lastning och lossning (tabell 39).

Tabell 39. Dieselförbrukning vid lastning, lossning och transport av halm som rund- eller fyrkantsbal (Berglund m.fl., 2013).

Moment	Fyrkantbal	Rundbal	Enhet
Lastning	3,6	4,8	liter diesel per timme

Transport	4,2	4,2	liter diesel per timme
Lossning	3,2	2,5	liter diesel per timme
Lastvikt	6,0	6,4	ton per lass
Dieselförbrukning	2,0	1,6	liter diesel per ton halm

Transport av grödor från fält till lager

Vallgrödor transporteras i de allra flesta fallen inom den enskilda gården. Kostnaden och energianvändningen vid transport av vallgrödor från fält till lager beror förutom av skördens storlek och gårdens arrondering även av vilket system som väljs för transporten; balar eller i lös form, typ av vagn, hastighet vid transport etc. (Hushållningssällskapet, 2008). Det finns ingen sammanställning av hur transportererna genomförs eller hur långa de är.

Skördade spannmålsgrödor transporteras vanligtvis med traktor och vagn eller lastbil från fält till lager. Det saknas data om hur stor del av skördad spannmål som transporteras på vilket sätt. Dessutom saknas information om skörden transporteras direkt till mottagare eller om den först transporteras in till gård för att sedan transporteras ut från gården. I flera olika studier anges ett schablonpåslag till den beräknade dieselförbrukningen för att ta hänsyn till drivmedel som förbrukats vid transport till och från fält av maskiner m.m.

Transport av djur mellan gårdar

Djurtransporter mellan gårdar är ofta korta, 87 % av nöt och 74 % av svin transporteras under 100 km (Nöremark m.fl., 2009). Mellan gårdar genomfördes det år 2006 totalt 61 469 transporter av nöt och 20 231 transporter av svin (Nöremark m.fl., 2009). Transporter av nöt och svin motsvarar i storleksordningen 30 miljoner km med lastbil, av dessa är 75 % transporter till slakterier, kvar blir ca 7,5 miljoner km som antas vara transporter mellan gårdar. För fjäderfä, får och lamm saknas data om transporter mellan gårdar. Andra djurslag som ren, vilt och hästar ingår inte i denna studie. Hästar finns till stor del utanför jordbruket och ingår därför inte, vilt och ren utelämnas då de utgör en liten andel av jordbrukets produktion.

Transporter av djur mellan gårdar kan ske på olika sätt. Det finns inget underlag som anger hur transporten genomförs. Det finns djurtransportvagnar som är avsedda att dras av traktorer där ett mindre antal djur kan transporteras upp till lastbilar med släp som kan ta ett större antal djur. Det kan endast bli en grov uppskattning av bränsleförbrukningen och därmed energianvändningen vid djurtransporter mellan gårdar. En traktor beroende på dess storlek förbrukar mellan 12 och 24 l diesel per timme, beroende på hastigheten på väg förbrukas olika mängd diesel. Även dieselförbrukningen med lastbil varierar om det är fordon med eller utan släp. Ett brett spann avseende dieselförbrukningen kan uppskattas utifrån den kända informationen.

Uppskattningsvis använder transporter mellan gårdar någonstans mellan 2000 och 6000 m³ diesel, vilket motsvarar 19 600-58 800 MWh per år. Uppskattningsvis kostar transport med traktor mellan 6 och 10 kr/km medan lastbilstransporter varierar mellan 17 och 23 kr/km. Klimatpåverkan är mellan 5 080 och 15 240 ton CO_{2e} per år.

Resultat

Resultatet redovisas per undergrupp först för att sedan summeras.

Transport till och från gård

Resultatet för transportarbetet till och från jordbruket framgår av tabell 40 och ska ses som en grov uppskattning av hur mycket av inrikestransporter som berör jordbruket. Osäkerheterna i indata till uppskattningarna är många.

Tabell 40. Mängd transporterat (kton), volym (& energi bränsle, emissioner av koldioxid (ton CO₂e) och totala kostnader (Mkr) vid transport med lastbil av produkter och varor till och från jordbruket.

	Mängd gods	Volym drivmedel diesel	Energi drivmedel diesel	Klimatpåverkan	Kostnad
	(kton)	(m ³)	(MWh)		
Jordbruksprodukter	11 540	19 719	192 797	48 138	1 350
Flytande bränslen	269	332	3 243	810	31,5
Kemikalier	654	1 842	18 012	4 497	76,5
Övrigt gods	241	318	3 106	776	28
Total	12 704	22 211	217 158	54 221	1 486

Transporter inom och mellan gårdar

Transporter inom gården är svåra att bestämma på en nationell nivå. Det finns en mycket stor variation både geografiskt över Sverige och mellan enskilda gårdar. Att bryta ner översiktliga data på nationell nivå till lokal nivå är därför viktigt om man vill studera energieffektivisering på gårdsnivå i detalj.

Transport av skörd från fält till lager

I Tabell 41 visas dieselförbrukning, energiförbrukning, klimatpåverkan och kostnader för olika transportalternativ för spannmål. Den sammanlagda beräkningen i Tabell 46 baserades på ett medelvärde av dieselförbrukning, energiförbrukning, klimatpåverkan och kostnader för de olika transportalternativen i Tabell 41.

Tabell 41. Diesel- & energiförbrukning, klimatpåverkan samt kostnader för transport av spannmålsskörd från fält till gård med olika transportsätt.

Transportslag	Volym diesel	Energi	Klimatpåverkan	Kostnad
	(m ³)	(MWh)	(ton CO ₂ e)	(Mkr)
Traktor & vagn	5 498	53 759	15 204	247
Traktor & 2 vagnar	4 754	46 479	13 123	262
Lastbil	3 570	34 903	12 433	121
Lastbil & släp	2 403	23 491	6 630	66
Medelvärde	4 056	39 658	11 848	174

I tabell 42 visas dieselförbrukning, energiförbrukning, klimatpåverkan och kostnader för olika transportalternativ för vall. Den sammanlagda beräkningen i Tabell 46 baserades på ett medelvärde av dieselförbrukning, energiförbrukning, klimatpåverkan och kostnader för de olika transportalternativen i tabell 42.

Tabell 42. Diesel och energiförbrukning, klimatpåverkan samt kostnaden för att bärga, transportera vall från fält till gård.

Totalt	Diesel- förbrukning	Energi	Klimat- påverkan	Kostnad
	m ³	MWh	ton CO _{2e}	Mkr
Vagn till fälthack	13 694	133 449	38 405	2 056
Hackvagn	14 137	138 222	39 779	1 249
Snittvagn	14 304	139 848	40 247	1 012
Balvagn	10 946	107 022	30 800	425
Medel	13 259	129 636	37 308	1 186

Dieselförbrukning, energiförbrukning, klimatpåverkan och kostnader för transport av halm i balad eller lös framgår av tabell 43. Den sammanlagda beräkningen i Tabell 46 baserades på dieselförbrukning, energiförbrukning, klimatpåverkan och kostnader för balad halm (tabell 43).

Tabell 43. Bränsleförbrukning, klimatpåverkan och kostnader i samband med transport av halm från fält till gård.

	Bränsle	Energi	Klimat	Kostnad
	m ³	GWh	Kton CO _{2e}	Mkr
Balad halm	1 661 - 1 909	16,2 – 18,7	4,1 – 5,3	76,1 - 87,5
Medel	1 785	17,4	5,0	81,8

Transport av gödsel

I beräkningarna om transportarbete för gödsel på gård antas att allt arbete sker med traktor och spridare. Den årliga transportkostnaden för gödsel uppskattas till 400 miljoner kronor per år. Det ger en kostnad på ca 15 kr per ton flytgödsel och 18 kr/ ton fastgödsel (

tabell 44).

Det ger i storleksordningen en dieselförbrukning vid transport av gödsel, lasta och köra till och från fält, i storleksordningen 7 700 m³ diesel per år. Detta resulterar i ett utsläpp av CO_{2e} på ca 20 000 ton per år (

tabell 44).

Tabell 44. Årlig bränsleförbrukning, klimatpåverkan och kostnad för spridning av flyt- och fastgödsel på gård.

Parameter	Enhet	
Flytgödsel		
Bränsleförbrukning	6 310 m ³ diesel	0,28 l/ton

Klimatpåverkan	16 027	ton CO _{2e}	0,71	kg CO _{2e} / ton
Transportkostnad	328 570 403	kr	14,5	kr/ ton
Fastgödsel				
Bränsleförbrukning	1 357	m ³ diesel	0,30	l/ ton
Klimatpåverkan	3 313	ton CO _{2e}	0,72	kg CO _{2e} / ton
Transportkostnad	81 072 385	kr	17,7	kr/ ton

Transport till och från fält

Transporter till och från fält omfattar alla övriga transporter utöver skörd från fält, gödsel till fält. Det är alla transporter av maskiner för jordbearbetning och skörd som ska ut till fält och från fält, transporter av mineralgödsel, kalk etc. från gård till fält. Dessa är svåra att uppskatta.

Uppskattningen gjordes att i storleksordningen 7-10 maskiner och redskap ska till och från fältet varje odlingsår. Det ger en ackumulerad körsträcka på 17-24 km per säsong om fältet ligger 1,2 km från gården. En traktor i storleken 100-110 kW förbrukar i medeltal 15-17 l diesel i timmen. Det ger i storleksordningen 6-13 l diesel per ha i rent transportarbete till och från fält, vilket ska jämföras med arbetet på fältet som är 60-100 l diesel per ha och år. Transporter till och från fält kan uppskattas ge ett tillskott på mellan 10 och 15 % till den förbrukning som arbetet i fält har. Det ger att Sveriges lantbruk som använder ca 160 000 m³/år vid fältarbeten använder ytterligare ca 16 000-24 000 m³ diesel bara för att transportera maskiner till och från fält.

Transporter mellan gårdar

De beräkningar som gjordes kunde endast ge en uppfattning om storleksordningen på energiåtgång och klimatpåverkan för djurtransporter mellan gårdar. Vissa transporter sker med traktordragna djurtransportvagnar som kan lasta något tiotal djur till lastbilar med släp som kan lasta väsentligt fler djur.

Antagandet gjordes att djurtransporten gjordes med traktor på 100 kW och djurtransportvagn för 10 djur med en timkostnad på ca 750 kr inklusive förare och drivmedel (Maskinkalkyl 2014). Om ekipaget har en medelhastighet på 30 km/ h blir kilometerkostnaden 25 kr/ km, motsvarande kostnad för en lastbil är 17-23 kr med ett medeltal på 20 kr/ km.

Tabell 45. Transporter av djur mellan gårdar, kostnad, dieselförbrukning och klimatpåverkan.

Transport	Kostnad	Dieselförbrukning	Klimatpåverkan
	(kr/km)	(m ³ / år)	(ton CO _{2e})
Traktor och djurtransportvagn	25	4 795	11 557
Lastbil utan släp	17	1 772	4 501
Lastbil med släp	23	3 001	7 622
Medel	22	3 189	7 893

Inom och mellan gårdar kan transporter ske på en mängd olika sätt och av många olika produkter mm. Transporter inom och mellan gårdar är endast en mycket grov uppskattning och summeras i Tabell 46.

Tabell 46. Uppskattning av total diesolvolum, energianvändning, klimatpåverkan och total kostnad för transporter inom och mellan gårdar.

Transport	Volym diesel	Energi	Klimatpåverkan	Kostnad
	(m ³)	(GWh)	(ton CO _{2e})	(Mkr)
Transport av vegetabilier från fält till lager	4 056	39 658	11 848	174
Transport av vall från fält till lager	13 259	129 636	37 308	1 186
Transport av halm från fält till lager	1 785	17 451	5 022	82
Transport av gödsel	7 667	74 983	21 537	410
Transport av djur mellan gårdar	3 189	31 188	7 893	140
Totalt	29 956	292 376	83 608	1 992

Sammanställning av resultat

Totalt uppskattades nästan 52 000 m³ diesel, motsvarande nästan 509 GWh, förbrukas varje år för transporter till och från jordbruket och inom jordbruket. Transporternas klimatpåverkan beräknades till 145 000 ton CO_{2e} (Tabell 47). Transportkostnaden beräknades till 100-130 kr/ ton transporterat gods motsvarande en total kostnad på i storleksordningen 3,5 miljarder kronor per år.

Tabell 47. Uppskattning av total diesolvolum, energianvändning, klimatpåverkan och total kostnad för transporter till och från jordbruk, samt mellan och inom gårdar.

Transport	Volym diesel	Energi	Klimatpåverkan	Kostnad
	(m ³)	(GWh)	(ton CO _{2e})	(Mkr)
Transporter till & från gårdar	22 000	217 000	61 000	1 500
Transporter inom & mellan gårdar	30 000	292 000	84 000	2 000
Totalt	52 000	509 000	145 000	3 500

Bilaga 4. Transportkostnadens påverkan på lönsamheten för olika grödor

Tabell 48. Transportkostnad för Höstraps vid olika transportavstånd.

Transport- avstånd	Lastbil, fältkörning traktor + lastn och lossn	Lastbil, väg- transport	Lastbil, summa	Traktor, fältkörning och lossning	Traktor, väg- transport	Traktor summa	Billigast av traktor och lastbil
km	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha
0,5	44,1	1,7	45,8	11,6	5,0	16,6	16,6
1	44,1	3,3	47,4	11,6	9,9	21,5	21,5
2	44,1	6,6	50,8	11,6	19,9	31,5	31,5
5	44,1	16,6	60,7	11,6	49,7	61,3	60,7
10	44,1	33,2	77,3	11,6	99,4	111,0	77,3
15	44,1	49,8	93,9	11,6	149,0	160,6	93,9
20	44,1	66,4	110,5	11,6	198,7	210,3	110,5
30	44,1	99,6	143,7	11,6	298,1	309,7	143,7
40	44,1	132,7	176,9	11,6	397,4	409,0	176,9
50	44,1	165,9	210,0	11,6	496,8	508,4	210,0
75	44,1	248,9	293,0	11,6	745,2	756,8	293,0
100	44,1	331,9	376,0	11,6	993,6	1005,2	376,0

Tabell 49. Transportkostnad för Maltkorn vid olika transportavstånd.

Transport- avstånd	Lastbil, fältkörning traktor + lastn och lossn	Lastbil, väg- transport	Lastbil, summa	Traktor, fältkörning och lossning	Traktor, väg- transport	Traktor summa	Billigast av traktor och lastbil
km	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha
0,5	74,3	2,8	77,1	19,5	8,4	27,9	27,9
1	74,3	5,6	79,9	19,5	16,7	36,3	36,3
2	74,3	11,2	85,5	19,5	33,5	53,0	53,0
5	74,3	28,0	102,3	19,5	83,7	103,2	102,3
10	74,3	55,9	130,2	19,5	167,4	186,9	130,2
15	74,3	83,9	158,2	19,5	251,1	270,6	158,2
20	74,3	111,8	186,1	19,5	334,8	354,3	186,1
30	74,3	167,7	242,1	19,5	502,2	521,7	242,1
40	74,3	223,6	298,0	19,5	669,6	689,2	298,0
50	74,3	279,6	353,9	19,5	837,0	856,6	353,9
75	74,3	419,3	493,7	19,5	1255,5	1275,1	493,7
100	74,3	559,1	633,4	19,5	1674,1	1693,6	633,4

Tabell 50. Transportkostnad för Höstvetete brödsäd vid olika transportavstånd.

Transport- avstånd	Lastbil, fältkörning traktor + lastn och lossn	Lastbil, väg- transport	Lastbil, summa	Traktor, fält- körning och lossning	Traktor, väg- transport	Traktor summa	Billigast av traktor och lastbil
km	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha
0,5	93,1	3,5	96,6	24,5	10,5	34,9	34,9
1	93,1	7,0	100,1	24,5	21,0	45,4	45,4
2	93,1	14,0	107,1	24,5	41,9	66,4	66,4
5	93,1	35,0	128,1	24,5	104,8	129,3	128,1
10	93,1	70,0	163,1	24,5	209,6	234,1	163,1
15	93,1	105,0	198,1	24,5	314,4	338,9	198,1
20	93,1	140,0	233,1	24,5	419,2	443,7	233,1
30	93,1	210,0	303,1	24,5	628,9	653,3	303,1
40	93,1	280,0	373,1	24,5	838,5	862,9	373,1
50	93,1	350,1	443,1	24,5	1048,1	1072,6	443,1
75	93,1	525,1	618,2	24,5	1572,1	1596,6	618,2
100	93,1	700,1	793,2	24,5	2096,2	2120,7	793,2

Tabell 51. Transportkostnad för vall (30 % TS) vid olika transportavstånd.

Transport- avstånd	Lastbil, fältkörning traktor + lastn och lossn	Lastbil, väg- transport	Lastbil, summa	Traktor, fält- körning och lossning	Traktor, väg- transport	Traktor summa	Billigast av traktor och lastbil
km	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha
0,5	640,4	16,3	656,7	106,7	45,7	152,5	152,5
1,0	640,4	32,7	673,1	106,7	91,5	198,2	198,2
2,0	640,4	65,3	705,7	106,7	183,0	289,7	289,7
5,0	640,4	163,4	803,7	106,7	457,5	564,2	564,2
10,0	640,4	326,7	967,1	106,7	914,9	1021,7	967,1
15,0	640,4	490,1	1130,5	106,7	1372,4	1479,1	1130,5
20,0	640,4	653,4	1293,8	106,7	1829,8	1936,6	1293,8
30,0	640,4	980,2	1620,5	106,7	2744,8	2851,5	1620,5
40,0	640,4	1306,9	1947,3	106,7	3659,7	3766,4	1947,3
50,0	640,4	1633,6	2274,0	106,7	4574,6	4681,4	2274,0
75,0	640,4	2450,4	3090,8	106,7	6861,9	6968,7	3090,8
100,0	640,4	3267,2	3907,6	106,7	9149,2	9256,0	3907,6

Tabell 52. Transportkostnad för flytgödsel till vall vid olika transportavstånd.

Transport- avstånd	Lastbil, lastn, lossn och fältkörning traktor	Lastbil, väg- transport	Lastbil, summa	Traktor, lastning och fält- körning	Traktor, väg- transport	Traktor summa	Billigast av traktor och lastbil
km	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha
0,5	687	27	714	248	71	318	318
1,0	687	54	741	248	141	389	389
2,0	687	108	795	248	283	530	530
5,0	687	269	957	248	707	955	955
10,0	687	539	1 226	248	1 414	1 662	1 226
15,0	687	808	1 495	248	2 122	2 369	1 495
20,0	687	1 077	1 764	248	2 829	3 076	1 764
30,0	687	1 616	2 303	248	4 243	4 491	2 303
40,0	687	2 154	2 842	248	5 657	5 905	2 842
50,0	687	2 693	3 380	248	7 072	7 319	3 380
75,0	687	4 039	4 726	248	10 608	10 855	4 726
100,0	687	5 385	6 073	248	14 144	14 391	6 073

Tabell 53. Transportkostnad för timotejfrö vid olika transportavstånd.

Transport- avstånd	Lastbil, fältkörning traktor + lastn och lossn	Lastbil, väg- transport	Lastbil, summa	Traktor, fält- körning och lossning	Traktor, väg- transport	Traktor summa	Billigast av traktor och lastbil
km	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha
0,5	10,3	0,4	10,7	2,7	1,2	3,9	3,9
1	10,3	0,8	11,1	2,7	2,3	5,0	5,0
2	10,3	1,5	11,8	2,7	4,6	7,3	7,3
5	10,3	3,9	14,2	2,7	11,6	14,3	14,2
10	10,3	7,7	18,0	2,7	23,2	25,9	18,0
15	10,3	11,6	21,9	2,7	34,8	37,5	21,9
20	10,3	15,5	25,8	2,7	46,4	49,1	25,8
30	10,3	23,2	33,5	2,7	69,6	72,3	33,5
40	10,3	31,0	41,3	2,7	92,7	95,5	41,3
50	10,3	38,7	49,0	2,7	115,9	118,6	49,0
75	10,3	58,1	68,4	2,7	173,9	176,6	68,4
100	10,3	77,4	87,7	2,7	231,9	234,6	87,7

Bilaga 5. Transporteffektivitet för olika fordon

Tabell 54. Beräkning av transportkostnad för Höstvetete bröd med skördenivå 6,5 ton per hektar för lastbil med nyttolast 12 ton och traktor med dubbelvagn med nyttolast 30 ton.

Trans- port- avstånd	Lastbil, fält- körning traktor + lastn och lossn	Lastbil, väg- trans- port	Lastbil, summa	Traktor, fält- körning och lossning	Traktor, väg- transport	Traktor summa	Billigast av traktor och lastbil	Bränsle- förbruk- ning Lastbil	Bränsle- förbruk- ning Traktor
km	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	l/ha	l/ha
0,5	67	7	74	37	9	46	46	0,3	0,2
1	67	14	81	37	18	55	55	0,5	0,4
2	67	29	96	37	36	73	73	0,9	0,7
5	67	72	139	37	90	127	127	2,3	1,7
7,5	67	108	175	37	136	173	173	3,4	2,5
10	67	144	211	37	181	218	211	4,4	3,3
12,5	67	180	247	37	226	263	247	5,5	4,1
15	67	216	283	37	271	308	283	6,6	4,9
20	67	287	354	37	362	399	354	8,8	6,5
50	67	719	786	37	905	941	786	22,0	16,3
75	67	1 078	1 145	37	1 357	1 394	1 145	32,9	24,4
100	67	1 437	1 504	37	1 809	1 846	1 504	43,9	32,4

Tabell 55. Beräkning av transportkostnad för Höstvetete bröd med skördenivå 6,5 ton per hektar för lastbil med släp med nyttolast 36 ton och traktor med vagn med nyttolast 14 ton.

Trans- port- avstånd	Lastbil, fältkörning traktor + lastn och lossn	Lastbil, väg- transpo rt	Lastbil, summa	Traktor, fält- körning och lossning	Traktor, väg- transpo rt	Trakt or summ a	Billigast av traktor och lastbil	Bränsle- förbruk- ning Lastbil	Bränsle- förbruk- ning Traktor
km	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	l/ha	l/ha
0,5	102	4	105	24	10	35	35	0,2	0,4
1	102	7	109	24	21	45	45	0,3	0,6
2	102	14	116	24	42	66	66	0,5	1,2
5	102	35	137	24	105	129	129	1,0	2,7
7,5	102	53	154	24	157	182	154	1,4	4,0
10	102	70	172	24	210	234	172	1,9	5,4
12,5	102	88	189	24	262	286	189	2,3	6,7
15	102	105	207	24	314	339	207	2,8	8,0
20	102	140	242	24	419	444	242	3,7	10,6
50	102	350	452	24	1 048	1 073	452	9,1	26,3
75	102	525	627	24	1 572	1 597	627	13,5	39,5
100	102	700	802	24	2 096	2 121	802	18,0	52,6

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