



# Effektivitet inom rundvirkestransport

---

En fallstudie på Södra skogsägarnas eget åkeri

Axel Nilsson

Examensarbete/Självständigt arbete • 30 hp

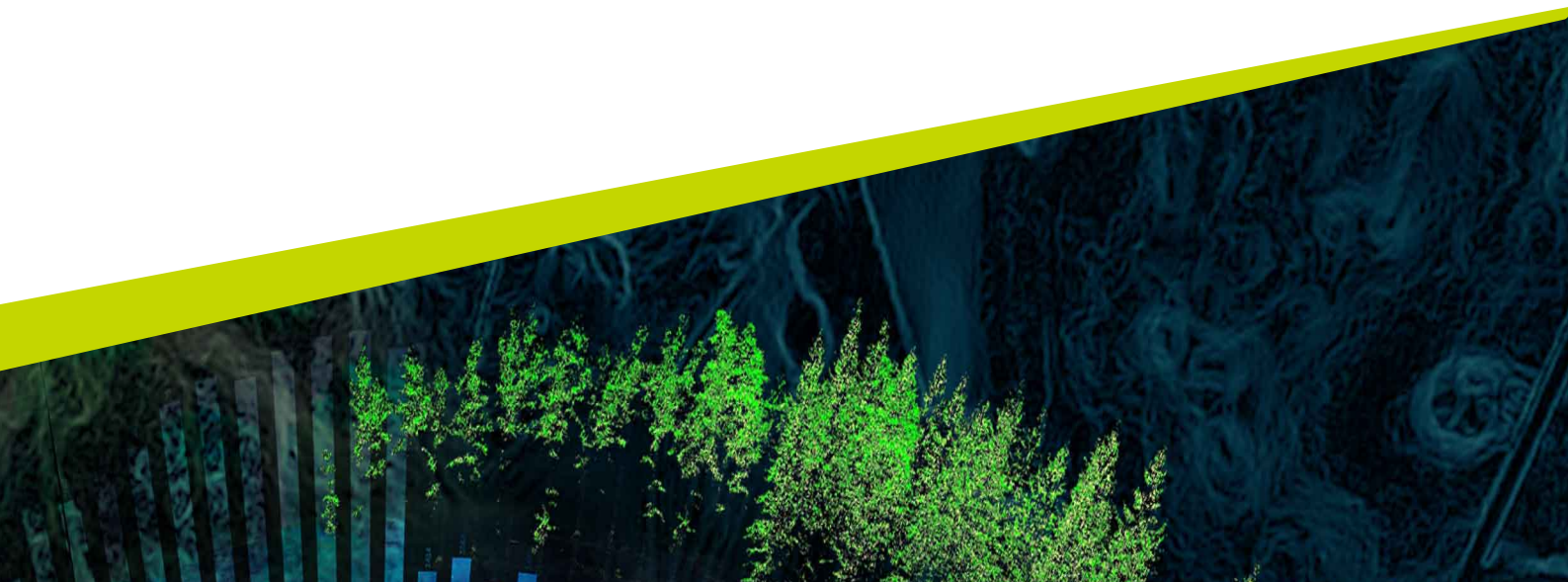
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Jägmästarprogrammet

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, 2024:2

Umeå 2024





# Effektivitet inom rundvirkestransport: En fallstudie på Södra skogsägarnas eget åkeri.

*Efficiency in roundwood transport: A case study of Södra skogsägarna's own haulage company.*

Axel Nilsson

**Handledare:** Emanuel Erlandsson, SLU, Skogens biomaterial och teknologi

**Examinator:** Dag Fjeld, SLU, Skogens biomaterial och teknologi

**Omfattning:** 30 hp

**Nivå och fördjupning:** Avancerad nivå A2E

**Kurstitel:** Masterarbete i skogsvetenskap

**Kurskod:** EX0956

**Program/utbildning:** Jägmästarprogrammet

**Kursansvarig inst.:** Skogens biomaterial och teknologi

**Utgivningsort:** Umeå

**Utgivningsår:** 2024

**Upphovsrätt:** Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

**Serietitel:** Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

**Delnummer i serien:** 2024:2

**Nyckelord:** Lastfyllnadsgrad, Lastkörningsgrad, effektivitet, rundvirkestransport

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Skogsfakulteten

Skogens biomaterial och teknologi

## Sammanfattning

Rundvirkestransporter med lastbil är ett kritiskt led i försörjningskedjan för skogsbranschen. En god effektivitet i transporter är centralt för att säkra lönsamheten för bilarna. Det första delsyftet med denna studie är att kvantifiera påverkan av arbetad tid, lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad på intäkter. Det andra delsyftet är att identifiera regionala skillnader i effektivitet och analysera orsaker för regionen med ett tidigare känt intäktsbortfall.

Studien utfördes åt Södra skogsägarna och undersökte effektiviteten på leveranser från deras 22 interna kranbilar under 2022. Den första delen i analysen var att identifiera relevanta nyckeltal genom litteraturstudier. Därefter samlades och sammanställdes datamaterialet och nyckeltalen beräknades. Slutligen utfördes en regressionsanalys och en multivariat PCA-analys av bilarnas nyckeltal för att kvantifiera påverkan av lastfyllnadsgrad, lastkörningsgrad och arbetad tid på intäkter under perioden samt förklara den regionala variationen.

Både lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad hade en signifikant påverkan på intäkterna under perioden. En regressionsmodell på intäkter innehållande lastfyllnadsgrad, lastkörningsgrad och arbetad tid hade en förklaringsgrad på ca 97%.

Den multivariata PCA-analysen visade på en tydlig klustring av bilarna på regionen med ett känt intäktsbortfall. Gemensamma faktorer var låg lastkörningsgrad, lastfyllnadsgrad och inkörningsförmåga i kombination med en låg andel leveranser på väg med bärighetsklass 4 och ett högt medeltransportavstånd.

*Nyckelord:* Lastfyllnadsgrad, lastkörningsgrad, rundvirkestransport, lönsamhet, skogsåkeri, effektivitet

## Abstract

Roundwood transportation by truck is a critical link in the supply chain for the forestry industry. Achieving high efficiency in transportation is essential to ensure the profitability of the trucks. The first objective of this study is to quantify the impact on efficiency by assessing the effects of working time, load fill rate, and load driving rate on revenue. The second objective is to identify regional differences in efficiency and analyze the reasons for the region with a previously known revenue loss.

The study was conducted for Södra Skogsägarna and examined the efficiency of deliveries from their 22 internal roundwood trucks during 2022. The first part of the analysis involved identifying relevant key performance indicators through literature review. Subsequently, the data material was collected and compiled, and the key indicators were calculated. Finally, a regression analysis and a multivariate PCA analysis of the trucks' key indicators were performed to quantify the impact of load fill rate, load driving rate, and labor time on the results and to explain the regional variation.

Both load fill rate and load driving rate had a significant impact on revenue during the period. A regression model on revenue containing load fill rate, load driving rate, and working time had an explanatory power of approximately 97%.

The multivariate PCA analysis showed a clear clustering of the trucks in the region with a known revenue loss. Common factors were low load driving rate, load fill rate, and loading capacity combined with a low proportion of deliveries on roads with bearing class 4 and a high average transport distance.

*Keywords:* load fill rate, load driving rate, timber transport, profitability, efficiency

## Förord

Denna studie är ett examensarbete motsvarande 30 högskolepoäng som genomförts vid institutionen för skogens biomaterial och teknologi på Sveriges lantbruksuniversitet.

Studiens uppdragsgivare var Södra skogsägarna.

Jag vill börja med att rikta ett stort varmt tack till mina handledare Oskar Herrlin och Pehr Sundblad på Södra. Tack för ert förtroende och stöd, och för att ni gjort genomförandet av detta arbete möjligt.

Jag vill också rikta ett stort varmt tack till min handledare Emanuel Erlandson på SLU för din hjälp, stöd och vägledning under arbetets gång.

Jag vill också rikta ett stort tack till mina före detta kollegor på Mörrumskontoret. Tack Mikael, Gertie, Jessica och Jacek för era tankar, idéer och för alla givande samtal. Ert engagemang och stöd har spelat stor roll i genomförandet av arbetet.

Slutligen vill jag tacka min familj och mina kursare i 19/24 för att ni alltid funnits där när det behövts.

Umeå, mars 2024

# Innehållsförteckning

<b>Tabellförteckning .....</b>	<b>9</b>
<b>Figurförteckning.....</b>	<b>10</b>
<b>Förkortningar.....</b>	<b>11</b>
<b>1. Bakgrund .....</b>	<b>12</b>
1.1 Virkestransporter med lastbil .....	12
1.2 Effektivitet inom rundvirkestransporter med lastbil .....	14
1.2.1 Nyttjande av tid .....	14
1.2.2 Lastkörningsgrad .....	15
1.2.3 Lastfyllnadsgrad .....	15
1.3 Exemplet Södra skogsägarnas eget åkeri .....	16
1.4 Syfte och avgränsningar .....	18
<b>2. Material och metod .....</b>	<b>19</b>
2.1 Beskrivning av datamaterial.....	19
2.1.1 Arbetad tid.....	20
2.2 Lastfyllnadsgrad .....	20
2.2.1 Lastkörningsgrad .....	21
2.2.2 Övriga variabler .....	23
2.3 Kategorisering av variabler .....	25
2.4 Statistisk analys .....	26
<b>3. Resultat .....</b>	<b>28</b>
3.1 Beskrivande statistik .....	28
3.2 Kvantifiering av påverkan av tid, lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad på intäkter .....	29
3.2.1 Individuella modeller .....	29
3.2.2 Kombinerad modell.....	32
<b>3.3</b> Analys av bakomliggande faktorer.....	<b>33</b>
3.4 Analys av regionala skillnader med PCA-analys .....	34
3.5 Vidare analys av regionala skillnader i nyckeltal .....	36
3.5.1 Regionala skillnader i vägnätets struktur.....	37
<b>4. Diskussion .....</b>	<b>38</b>
4.1 Tolkning av resultat.....	38

4.2	Osäkerheter i databehandling och dataunderlag.....	39
4.2.1	Osäkerheter i databehandling .....	39
4.2.2	Osäkerheter i dataunderlag .....	40
4.3	Jämförelse av resultat mot tidigare forskning .....	41
4.4	Vidare studier .....	43
4.5	Slutsatser .....	44
	<b>Referenser.....</b>	<b>45</b>
	<b>Bilaga 1 – Korrelationsmatris i sin helhet.....</b>	<b>47</b>



# Tabellförteckning

<b>Tabell 1:</b> Vägbärighetsklasser och deras respektive maximala tillåtna bruttovikt i ton ....	15
<b>Tabell 2:</b> Omräkningstal för sortiment .....	20
<b>Tabell 3:</b> Avstånd för beräkning av lastkörningsgrad .....	23
<b>Tabell 4:</b> Indelning av variabler .....	25
<b>Tabell 5:</b> Årliga medelvärden och standardavvikelser för variabler .....	29
<b>Tabell 6:</b> Korrelationsmatris med variabler signifikanta mot oberoende variabler (Arbetad tid/år, lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad) från regressionsanalysen.....	33
<b>Tabell 7:</b> Egenanalys av korrelationsmatris .....	34
<b>Tabell 8:</b> Egenvektoranalys, styrande variabler (värden över 0,3) är fetmarkerade och understrukna. ....	34

# Figurförteckning

<b>Figur 1:</b> Priser på skogsråvara från skog till marknad (Grege-Staltmane 2010). Den vänstra kolumnen beskriver intäkter och kostnader beroende på verksamhetsområde. Den högra kolumnen beskriver de resulterande priserna efter åtgärden.....	13
<b>Figur 2:</b> Södra skogsägarnas verksamhetsområde (Södra 2023). Regionerna är avgränsade i färg och verksamhetsområdena inom dem är beskrivna med tillhörande områdeskod. ....	17
<b>Figur 3:</b> Slingerfaktor enligt avstånd från Krönt Vägval (Y) och distansmatris (X) och (km).....	22
<b>Figur 4:</b> Regressionsmodell för Arbetad tid (h/år) mot Intäkter (kr/år) för perioden (anonymiserat utan redovisade värden). Lastbilar färgsatta efter region. ....	30
<b>Figur 5:</b> Regressionsmodell för Lastfyllnadsgrad (%) mot Intäkter (kr/år) för perioden (Intäkter anonymiserat utan redovisade värden). Lastbilar färgsatta efter region. ....	31
<b>Figur 6:</b> Regressionsmodell för lastkörningsgrad (%) mot intäkter (kr//år) under perioden. (Intäkter anonymiserat utan redovisade värden). ....	32
<b>Figur 7:</b> Loading plot över variabler och deras variation. PC1 beskrev positiva värden för alla variabler och intäkter hade störst vikt i komponentens värde. PC2 beskrev negativa värden för bland annat andel BK2 och 3 och andel BK4. PC2 beskrev positiva värden för medeltransportavstånd (medeltrp) och medelpris/grundpris. Medeltransportavstånd var variabeln med störst vikt i andra komponenten. Variationen som respektive komponent förklarar anges på respektive axel. ....	35
<b>Figur 8:</b> Score plot över variation i PC1 och PC2, där bilarna är färgsatta efter region. Andel variation som respektive komponent förklarar anges på respektive axel. ....	36
<b>Figur 9:</b> Boxplot över spridningen i volymandel transporterad på olika bärighetsklasser för varje region. ....	37

## Förkortningar

PC1	Principalkomponent 1
PC2	Principalkomponent 2
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
Medeltrp	Medeltransportavstånd
m <sup>3</sup> fub	Fastkubikmeter under bark

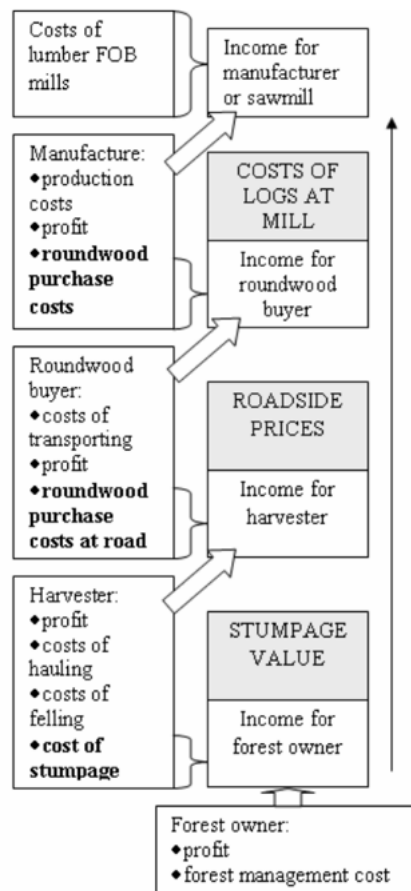
# 1. Bakgrund

## 1.1 Virkestransporter med lastbil

Majoriteten av rundvirkestransporterna i Sverige utförs med lastbil. År 2018 stod skogsnäringen för 19% av alla inrikes transporter med lastbil, vilket gjorde sektorn till en av de största upphandlarna av transporter i Sverige. Virkestransporter med lastbil är ett kritiskt led i skogsindustrins försörjningskedja då det är det mest effektiva transportmedel som når hela vägen ut till avlägget (Skogsindustrierna 2023).

Trots att skogsnäringen står för en stor del av transportupphandlingen har den historiska vinstmarginalen för skogsåkerier varit låg. Medianvinstmarginalen varierar från år 2000-2022 mellan ca 1,8 och 6%. Mellan 2018 och 2022 skedde en ökning från ca 2,2% till 6% i genomsnittlig vinstmarginal men trots ökningen i närtid beskrivs området möta utmaningar framöver, bland annat i form av stora investeringsbehov. Jämfört med andra verksamhetsområden har skogsåkerierna störst årsvis variation mellan 2013-2022 (Sveriges Åkeriföretag 2022). Under de senaste åren syns en ökande trend på den relativa kostnadsutvecklingen för vidaretransporter och mellan 2021–2022 ökade den volymvägda medeltransportkostnaden för skogsåkerier med 23,2%. Detta kan jämföras mot totalt index för vägtransporter av gods som endast ökade med 14% (Eliasson 2023).

Det är problematiskt att öka ersättningen för åkerierna om de har låg lönsamhet då virkespriserna är kopplade till det slutgiltiga priset på sågad vara. Rundvirket säljs oftast till den köpare som erbjuder det bästa priset. Detta påverkas i sin tur av hur mycket köparen kan få betalt för slutprodukten. Priset på sågad vara varierar mer än priset på rundvirke, detta kan förklaras av att köparen behöver sälja slutprodukten utan att riskera problem med lagerhållning. Därtill finns det en ytterligare flexibilitet i att skogsägaren kan invänta ett fördelaktigt marknadsklimat innan denne säljer sitt virke (Grege-Staltmane 2010). För en tydligare beskrivning av prisnivåer från skog till sågad vara se figur 1. Marginalerna i de olika stegen tyder på att det är problematiskt att höja priserna för skogsåkerier utan att andra delar i verksamheten drabbas negativt.



**Figur 1:** Priser på skogsråvara från skog till marknad (Grege-Staltmane 2010). Den vänstra kolumnen beskriver intäkter och kostnader beroende på verksamhetsområde. Den högra kolumnen beskriver de resulterande priserna efter åtgärden.

**Figure 1:** Timber price stages from the forest to the market (Grege-Staltmane 2010). The left column describes revenue and costs associated with each area of operations and the right column describes the resulting price after the process.

Att skogsåkerier inte är lönsamma kan innebära ett problem för den virkesköpande organisationen eftersom de förlitar sig på virkestransport med lastbil i dagsläget. Lastbilstransporter står idag för över hälften av transportarbetet av rundvirke till industrin (Skogsindustrierna 2023). Ett mål för befraktaren blir att säkra upp transportkapacitet samtidigt som åkeriets lönsamhet säkras utan att befraktarens kostnader för transporten ökar. Ett sätt att komma runt skillnader i kostnader för åkerierna är att balansera intäkterna genom att ha olika tariffer. En tariff består vanligen av en fast del och en rörlig del som beror på transportsträckan (Lindström 2010).

Om både kostnader och intäkter är givna finns det ett ytterligare sätt att säkra lönsamheten, nämligen en effektivisering av åkeriets arbete.

## 1.2 Effektivitet inom rundvirkestransporter med lastbil

Effektivitet inom rundvirkestransporter kan mätas på flera olika sätt. Elimineras moment som den enskilda lastbilen inte kan påverka i sin verksamhet handlar lastbilens effektivitet om effektivt nyttjande av tillgänglig tid samt lastkörningsförmåga. Lastkörningsförmågan mäts ofta på två sätt: lastkörningsgrad och lastfyllnadsgrad. Dessa variabler beskrivs i detalj i avsnittet nedan.

### 1.2.1 Nyttjande av tid

Ett optimalt nyttjande av tid innebär att vissa tidsberoende moment behöver maximeras och andra minimeras. För att nå ett bra tidsutnyttjande ska tid vid mottagningsplats minimeras och tid körd med last maximeras. Nedan beskrivs variabler kopplade till tidsutnyttjande.

*Arbetstid:* Arbetstiden är ett mått som indikerar i hur stor utsträckning åkeriet har varit aktivt under tidsperioden. I kombination med åkeriets intäkter ger detta ett mått på åkeriets inkörningsförmåga. Den effektiva arbetstiden under perioden skall maximeras och bortfall av effektiv arbetstid ska minimeras för att nå bästa möjliga lönsamhet.

*Väntetid vid industrin:* Väntetid vid industrin är ett moment som inte räknas in i den effektiva arbetstiden. Antalet delleranser bör påverka tid vid inmätning då alla dellaster måste redovisas enskilt vid inmätningen. Flera leveranser bör då rendera i en längre tid spenderad vid inmätningen (Strand 2019). Strand (2019) menar även att vid leveransavvisering och transportörsavlämning minskar tidsåtgången vid mottagningsplatsen. Ökad tid som spenderas för att vänta på inmätning innebär mindre effektiv arbetstid för åkeriet.

*Medeltransportavståndet:* Det genomsnittliga antalet mil per lass visades i en studie av Erlandsson (2008) ha en positiv korrelation med lönsamhet. Kortare sträckor gav sämre lönsamhet vilket indikerar att kortare sträckor innebär en större osäkerhet i effektivt tidsutnyttjande.

*Andel vikt transporterad där flera avlägg besöks:* Många små volymer innebär att ett åkeri ibland behöver köra till flera avlägg för att få ihop fulla lass, så kallade delade lass. Delningen innebär att den totala transportsträckan blir längre. Utöver detta tar det även längre tid att lasta då föraren, vid varje avlägg, behöver parkera och sätta sig i kranen för att lasta volymen istället för att enbart behöva göra detta

moment en gång. I en studie av Nurminen & Heinonen (2007) var den totala transporttiden för ett delat lass i genomsnitt 24% längre jämfört med ett helt lass.

### 1.2.2 Lastkörningsgrad

Lastkörningsgraden definieras som andelen ersättningsgrundad körsträcka av den totala körsträckan. En hög lastkörningsgrad innebär att åkeriet minimerar sin tomkörning och på så sätt både kan öka sin ekonomiska inkörningsförmåga samt minska drivmedelskostnader (Johansson 2015).

### 1.2.3 Lastfyllnadsgrad

Lastfyllnadsgraden beskrivs som den faktiska lastvikten i förhållande till den maximala tillåtna bruttovikten (Johansson 2015). Detta är ett mått på i vilken utsträckning bilen kör fullastad enligt sin kapacitet. Att få på den maximala lasten vid varje körning är centralt då detta i längden påverkar bilens produktivitet och innebär färre totalt antal körningar. Genomsnittlig lastvikt har visats ha en direkt påverkan på åkeriers lönsamhet (Erlandsson, 2008).

I praktiken bestämmer också vägnätets struktur hur mycket den tillåtna bruttovikten får vara (tabell 1). Vägbärighetsklasserna och deras maximalt tillåtna bruttovikter begränsar lastvikten och ett tyngre grundfordon med högre kapacitet påverkas mer av att köra på vägar med mindre maximal tillåten bruttovikt. Noreland (2020) har visat en kostnadsökning av 5% för 70 tons fordon jämfört mot 64 tons fordon vid avsaknad av väg med bärighetsklass 4.. Bärighetsklassen på en väg styr hur tungt lastad bilen får vara. På så sätt borde en hög andel av virket transporterat på vägar med bärighetsklass 4 möjliggöra en högre lastfyllnadsgrad (Asmoarp & von Hofsten 2019).

**Tabell 1:** Vägbärighetsklasser och deras respektive maximala tillåtna bruttovikt i ton  
*Table 1: Road bearing classes and their respective maximum allowed gross weight in tonnes*

Bärighetsklass	Maximalt tillåten bruttovikt (ton)
1	64
2	51,4
3	37,5
4	74

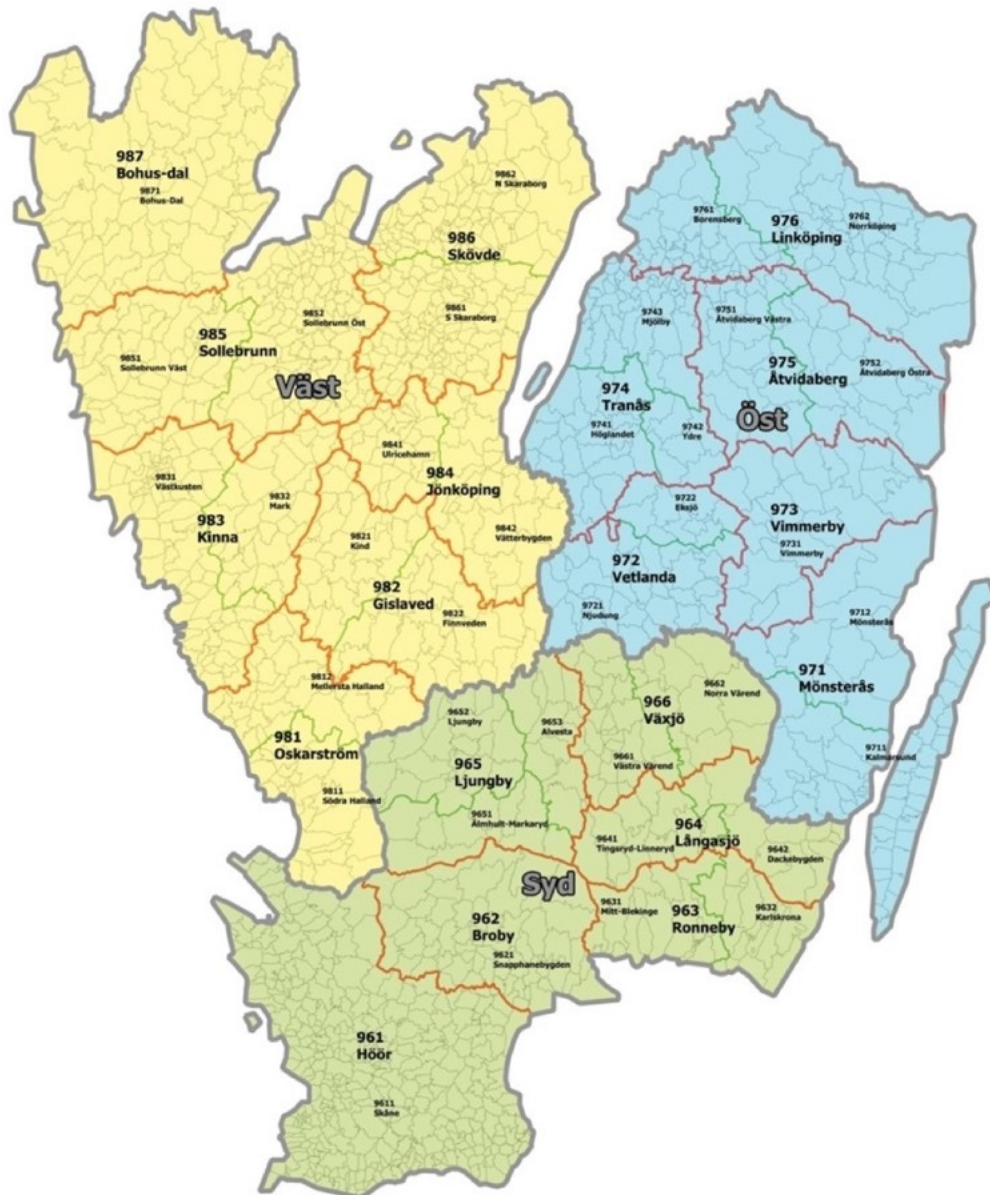
### 1.3 Exemplet Södra skogsägarnas eget åkeri

Södra skogsägarna är en skogsägarförening som är verksam i hela Götaland. Södra skogsägarnas verksamhetsområde delas in i tre regioner; region öst, väst och syd. Regionerna och hela Södras verksamhetsområde är beskrivet i detalj i figur 2. Södra har i dessa regioner 3 massabruk och 8 sågverk vars försörjning delvis förlitar sig på intransporter från Södras eget åkeri (Södra skogsägarna 2023). Södra skogsägarnas eget åkeri består av 22 kranbilar fördelade över hela verksamhetsområdet. Södra<sup>1</sup> menade att dessa 22 kranbilar har en varierande lönsamhet där primärt bilar på en av regionerna har ett bortfall av intäkter. Antalet chaufförer per bil och bilarnas skiftgång skiljer sig mellan arbetsgrupperna. Rundvirkesbilarna är alla 8-axlade fordonskombinationer med en högsta tillåten maxvikt på 70 ton.

---

<sup>1</sup> Möte med Pehr Sundblad och Oskar Herrlin, 2023-11





**Figur 2:** Södra skogsägarnas verksamhetsområde (Södra 2023). Regionerna är avgränsade i färg och verksamhetsområdena inom dem är beskrivna med tillhörande områdeskod.

**Figure 2:** Södra skogsägarna area of operations (Södra 2023). Regions are divided by color and smaller areas of operations are described with their area code.

## 1.4 Syfte och avgränsningar

Denna studie jämför de 22 rundvirkesbilar som var verksamma inom Södras åkeri under år 2022. De fyra bilar som är mindre lönsamma är verksamma på samma region vilket indikerar geografiska skillnader. Södra har noterat att skillnaderna mellan bilarna inte beror på kostnadsdrivande faktorer utan att den primära skillnaden istället kan förklaras av ett bortfall av intäkt. Tarifferna anses även av Södra vara rättvist förhandlade utifrån de geografiska förutsättningarna vilket betyder att prissättningen inte ses som den huvudsakliga anledningen till variationerna i lönsamhet. Osäkerheterna beror mest sannolikt på skillnader i lastbilarnas regionala förutsättningar samt arbetsprocessernas effektivitet och därmed ekonomisk inkörningsförmåga, men en djupare analys av orsakssambandet saknas.

Syftet med denna fallstudie av 22 kranbilar hos Södra skogsägarna är att:

1. Kvantifiera påverkan av arbetad tid, lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad på intäkter.
2. Analysera och identifiera orsaker till regionala skillnader i effektivitet.

## 2. Material och metod

Metodavsnittet innehåller sex olika delar. Den första delen innehåller en översiktlig beskrivning av datamaterialet som ingår i analysen. Därefter beskrivs beräkningen av nyckelvariablerna i tre separata efterföljande delar. Vidare följer beräkningen av övriga variabler som ingår i dataunderlaget och slutligen en beskrivning av de statistiska metoder som användes i studien.

### 2.1 Beskrivning av datamaterial

Det huvudsakliga datamaterial som användes var ett utdrag av leveranser från VIOL. VIOL är ett branschgemensamt system framtaget av Biometria för bland annat information om genomförda leveranser och transportredovisning (Biometria n.d.b). Datamaterialet från VIOL innehöll information om bilarnas inmätta leveranser mellan 1/1-2022 till 31/5-2023, totalt 22656 redovisade leveranser innehållande ett sortiment kört till en mottagningsplats. Utdraget innehöll bland annat information om tid för ankomst och avgång, position på avlägg och mottagningsplats, vägbärighetsklass, sortiment samt intäkten för leveransen. Även inmätt volym omräknat i  $m^3$  fub, som är ett mått på volymen av virke i en trave där luften mellan stockar och barken räknats bort (Skogskunskap 2024), redovisades. Dataunderlaget för total körsträcka och arbetad tid erhöles som separata utdrag från Volvo Connect och Scania Fleet samt Södras lönesystem. Utdragen sammanställdes i en excel-fil. Bearbetningen innebar ett slutgiltigt excel-ark där varje rad representerade ett kört lass istället för en enskild leverans av ett sortiment som i originalet. Detta utdrag användes sedan för att beräkna årsvärden samt nyckeltal för bilarna. Flera kvalitativa variabler såsom transportör, mottagningsplats och datum bibehölls för att ge lassen kontext. Eftersom delar av klustringsprocessen var manuell behölls fler variabler än vad som kanske var nödvändigt för att genomföra beräkningarna.

Lastfyllnadsgraden beräknades på 70 tons totalvikt. Detta motiverades med att bilarna har en maximalt tillåten bruttovikt på 70 ton. Bilarna som användes är uteslutande kranbilar med fast kran. Det primära urvalet avgränsades även till en maximal lastfyllnadsgrad på 110% då vikter utöver detta ansågs felredovisade med

hänvisning till överlast. Lastvikter som överskred denna mängd behandlades som flera dellaster och redovisades separat i databehandlingen. Bilarnas ekonomiska resultat fanns bara tillgängligt på årsbasis vilket gör att alla variabler och faktorer avgränsades till år 2022 för att kunna rättvist mätas mot bilarnas intäkter för det året. Även om Södra hävdade att prissättningen är rättvis för bilarna inkluderades prissättningen i modellen som medelpris/grundpris (kr/m<sup>3</sup>fub). Prissättningen är baserad på sortiment, avstånd till industrin, volym, vikt och en drivmedelsfaktor. Motiveringen för att inkludera medelpris/grundpris i modellen var för att säkerställa att den inte hade ett samband med intäkter under perioden, och därmed inte påverkade bilarnas intäkter under perioden.

### 2.1.1 Arbetad tid

Arbetad tid redovisades i timmar per bil och månad och från underlaget räknades den totala arbetstiden för perioden ut för varje bil. Arbetad tid varierade påtagligt mellan bilarna i underlaget.

## 2.2 Lastfyllnadsgrad

För beräkningen av lastfyllnadsgraden krävs vikten på varje lass. Vikten saknades för mottagningsplatser utan våg. För att redovisa vikten krävdes därför en beräkning av densiteten. De omräkningstal som användes för olika sortiment redovisas i tabell 2. För sortiment som föll utanför de normala användes det omräkningstal som ansågs vara mest lämpligt för sortimentet i samråd med Södra. Eftersom varje enskild leverans räknas om i m<sup>3</sup>fub multiplicerades detta värde med densiteten för att få fram vikten i ton för varje leverans.

**Tabell 2:** Omräkningstal för sortiment

*Table 2: Assortment conversion figures*

<b>Sortiment</b>	<b>M<sup>3</sup>fub/ton</b>
Grantimmer	0,858
Talltimmer	0,918
Barmassaved	0,927
Lövmassaved	0,994
Sågekubb/klensortiment/Sparrtimmer	1,000
Bränsleved	0,820

För beräkningen av lastfyllnadsgraden är det centralt att lastvikten är korrekt redovisad för varje lass. För att säkerställa detta summerades leveranser ihop till

hela lass. För leveranser med samma redovisningsnummer adderades dellasternas volym respektive intäkt för att få ut ett värde representativt för hur mycket volym som transporterats på lasset samt vilken intäkt som associeras med den transporterade volymen. Antalet dubletter av redovisningsnumret redovisades som antalet dellaster. Därefter noterades att laster med redovisningsnummer en siffra ifrån varandra ofta också hade samlastats. För att bekräfta att lassen transporterats på samma lastbil jämfördes ankomst- och avgångstider samt mottagningsplatser. Denna del gjordes manuellt med kriterierna att det var samma transportör och samma mottagningsplats samt att vikten inte gjorde att bilen översteg 110% lastfyllnadsgrad. Leveranser som översteg 110% i lastfyllnadsgrad togs inte bort från urvalet utan behandlades i ett separat ark. Om kriterierna istället uppfylldes adderades lastvikt och intäkt och raderna som adderades togs sedan bort. Efter denna behandling indexerades andra parametrar som var gemensamma för de klustrade lassen genom redovisningsnumret. På så sätt skapades ett nytt dataset med intransporterna indelade i hela lass i ett separat excelark. I det nya arket indexerades bilarnas genomsnittliga taravikt in i en separat kolumn och lastfyllnadsgraden beräknades genom att addera bilarnas taravikt med den klustrade lastvikten för varje lass. En genomsnittlig lastfyllnadsgrad togs därefter ut för varje bil enligt formeln nedan:

$$\text{Lastfyllnadsgrad (\%)} = \frac{V_{Last} + \bar{V}_{Tara}}{V_{Total}}$$

$V_{Last}$  betecknar vikten på den transporterade lasten i ton.  $\bar{V}_{Tara}$  betecknar bilens genomsnittliga taravikt i ton.  $V_{Total}$  betecknar bilens högst tillåtna totalvikt, i detta fall 70 ton.

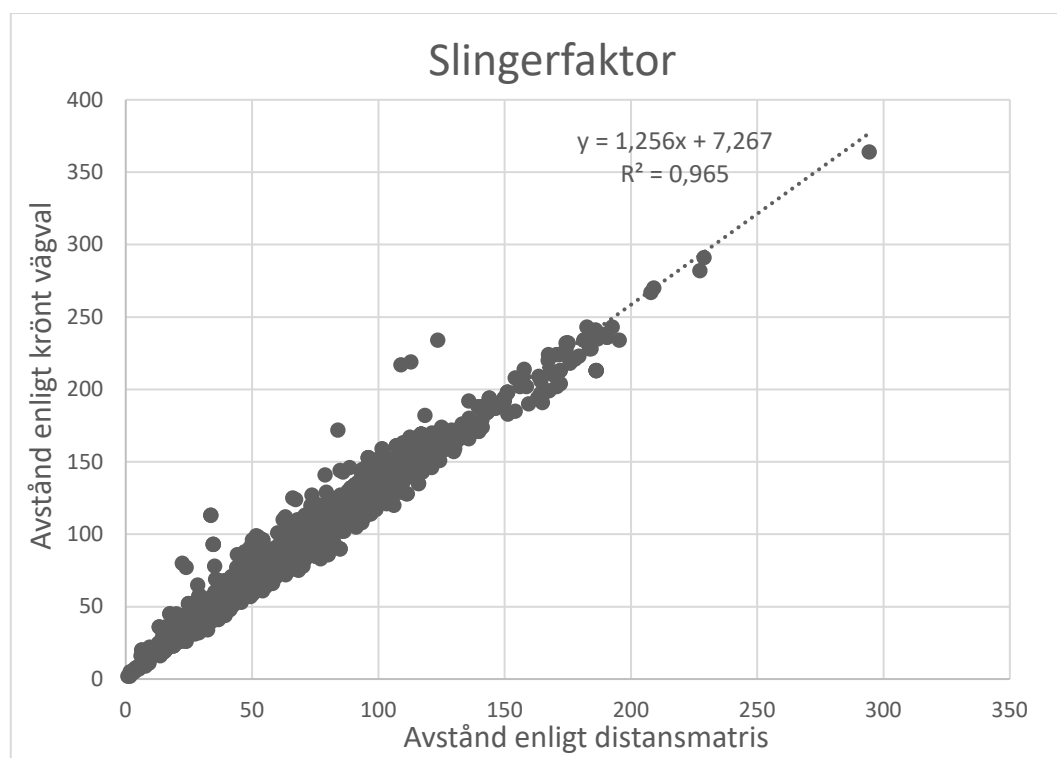
### 2.2.1 Lastkörningsgrad

Klustringen av leveranser för beräkning av den lastkörda sträckan gjordes med två delmål. Det första delmålet var att ta fram en ekvation för en slingerfaktor som varierade med avståndet. Slingerfaktorn beskriver förhållandet mellan det faktiska transportavståndet jämfört med avståndet i fågelväg (Dietrichson & Jensen 2010). I denna studie användes transportavståndet enligt Krönt vägval. Krönt vägval är ett verktyg för beräkning och beskrivning av körsträckan, specifikt framtaget för skogsbranschens transporter (Biometria n.d.a). Det andra delmålet var att skatta en genomsnittlig extra körsträcka för leveranser där flera avlägg besöks, med hjälp av slingerfaktorn. Vid andra avståndstyper än Krönt vägval ignorerades slingerfaktorn och den extra sträckan adderas utifrån antal besökta avlägg enligt fågelvägens avstånd.

I den första behandlingen togs dubletter i avläggskoordinater och last-id bort. På så sätt föll sortiment från samma avlägg som redovisats som separata dellaster bort.

Efter denna behandling gjordes en pivottabell på alla tillgängliga last-id och hur många gånger de återfinns i datat. Denna siffra indexerades och jämfördes mot antal i samlast och ordrar där dessa siffror skiljdes åt sorterades bort. Avståndstyper andra än Krönt vägval sorterades också bort. Det slutgiltiga urvalet delades upp efter hur många avlägg som besökts.

Urvalet med endast en dellast innehöll 11122 leveranser från avlägg till industrin. Av detta urval randomiserades ett urval av 1500 leveranser för beräkningen av slingerfaktorn. Detta motsvarar ca 13,4% av det totala antalet leveranser. Randomiseringen gjordes genom att generera en siffra för varje unikt last-id och sedan sortera datat efter storleken på den randomiserade siffran och därefter göra ett urval på ett antal rader som motsvarade mellan 10-15% av den totala mängden leveranser. Koordinater för avlägg och mottagningsplats delades upp i separata ark med tillhörande last-id. Arken exporterades som CSV-filer och importerades som shapefiler i QGIS-LTR (version 3.16.7-Hannover). Det faktiska avståndet mellan avlägget och mottagningsplatsen beräknades genom en distansmatris (QGIS 2024). Eftersom Sweref 99 är koordinatsystemet som koordinaterna anges i blir den resulterande sträckan mellan punkterna distansen i meter (Palm & Werme 2014). Avstånden från beräkningen jämfördes sedan mot avståndet som redovisats enligt Krönt vägval och resulterade i en slingerfaktor som redovisas i figur 3.



**Figur 3:** Slingerfaktor enligt avstånd från Krönt Vägval (Y) och distansmatris (X) och (km).

**Figure 3:** Slingerfaktor according to distance from Calibrated Route Finder ( $Y$ ) and the distance matrix ( $X$ ) (km).

Processen för lass där flera avlägg besökts var densamma som för slingerfaktorn med undantaget att avståndet, istället för att mätas från avlägg till industri, mättes mellan avläggen. Vid fler än två avlägg beräknades den längsta sammanlagda körsträckan mellan positionerna. Detta med motiveringen att det inte var möjligt att veta chaufförens utgångsposition i förhållande till dellasterna. Storleken på urvalet var 500 för två avlägg, 300 för tre avlägg och 80 för fyra avlägg. Eftersom fem eller fler avlägg utgjorde en obetydlig del av det totala urvalet redovisades sträckan för dessa som fyra avlägg per virkesorder. Slutligen inkluderades dessa siffror i urvalet för lastfyllnadsgraden och transportsträckorna i de klustrade lassen ökades enligt värden i tabell 3 beroende på avståndstyp och antal dellaster.

**Tabell 3:** Avstånd för beräkning av lastkörningsgrad

**Table 3:** Distances for calculation of share of loaded driving distance

Antal avlägg	Extra transportsträcka (km)	Extra transportsträcka inklusive slingerfaktor (km)
2	6,26	15,13
3	18,93	31,04
4	41,74	59,69

Därefter beräknades lastkörningsgrad enligt:

$$\text{Lastkörningsgrad (\%)} = \frac{S_{Lastad}}{S_{Total}}$$

där  $S_{Lastad}$  betecknar den totala lastkörda sträckan under perioden.  $S_{Total}$  betecknar den totala körsträckan under perioden.

För lass som sorterats bort från detta urval på grund av att de innehöll en för stor volym behövdes en ytterligare behandling. Bilarnas lastvikt fördes över och subtraherades från vikten enligt virkesordern, eftersom lasset var redovisat en gång i den initiala databehandlingen. Därefter beräknades antal lass och avrundades uppåt till hela lass utifrån bilens genomsnittliga lastvikt. Transportsträckan på ordern multiplicerades sedan med antalet lass och summerades per bil.

### 2.2.2 Övriga variabler

*Medeltransportsträcka:* För beräkning av medeltransportavståndet togs en pivottabell ut på transportavstånden mellan avlägg och industri för varje leverans. En genomsnittlig transportsträcka räknades ut på urvalet för varje bil. Att göra detta urval innan klustringen av lassen motiveras med att rader med ordrar tas bort under

lastfyllnadsgradens klustringsprocess. Därmed försvinner även ett urval av transportsträckor ur underlaget.

*Viktandel transporterad på väg med bärighetsklass 4 (Andel BK4):* För att sortera ut viktandelen transporterad på vägar med bärighetsklass 4 sorterades den transporterade vikten ut för varje bil och bärighetsklass i en pivottabell. Därefter dividerades den vikt redovisad som bärighetsklass 4 mot den totala transporterade vikten. Även här motiveras urvalet innan klustringen för lastfyllnadsgraden med att olika dellaster kan ha olika bärighetsklassningar på transporten. Andel vikt transporterad på väg med bärighetsklass 4 räknas ut enligt:

$$\text{Andel vikt transporterad på väg med bärighetsklass 4(\%)} = \frac{\sum V_{BK4}}{\sum V_{tot}}$$

där  $\sum V_{BK4}$  betecknar den summerade lastvikten som körts in på väg med bärighetsklass 4.  $\sum V_{tot}$  betecknar summan av den totala inkörda lastvikten.

*Viktandel transporterad på väg med Bärighetsklass 2 och 3 (Andel BK2 och 3):* Denna variabel räknades ut likt viktandelen transporterad på väg med bärighetsklass 4.

*Taravikt:* Likt lastvikten så saknades även taravikten för mottagningsplatser utan väg. Taravikten beräknades som ett medelvärde där de registrerade vikterna vägdes mot antalet gånger som vikten registrerats. Då det fanns kraftigt avvikande registrerade taravikter inkluderades enbart vikter mellan 20-25 ton i urvalet efter samråd med Södra.

*Intäkter:* För beräkningen av intäkterna under perioden summerades grundpriset och tillägg/avdrag per lass och sedan per bil. Resultatet var ett mått på bilens totala intäkter under perioden och en komponent i inkörningsförmågan.

*Körda mil:* Körda mil under perioden bifogades externt. Likt arbetade timmar redovisades körsträckan per månad och per bil.

*Inkörningsförmåga:* Beräknades genom den totala intäkten under perioden dividerat med total tid för perioden för varje bil.

*Andel vikt transporterad på lass där flera avlägg besöks:* Viktandelen transporterat på lass där flera avlägg besökts togs ut genom att föra över antalet avlägg från behandlingen i lastkörningsgraden för samtliga last-id i det klustrade urvalet för lastfyllnadsgraden. Därefter skapades en pivottabell med antalet avlägg och en kvot



mellan den summerade vikten på leveranser med flera avlägg och den totala transporterade vikten leveranser togs ut.

*Totalt antal transporterade lass (Antal lass):* Denna parameter sorterades ut genom att summera antalet individuella redovisningsnummer per bil i det klustrade urvalet och slutligen addera transporter som sorterats fram från urvalet på för stora leveranser.

*Transportarbete:* Beräknades genom att multiplicera bilarnas totala antal hela lass med lastvikt och medeltransportavstånd.

Den sista behandlingen som skedde var att lass som hade en lastfyllnadsgrad på 110% och därmed ansågs för stora och felaktigt redovisade räknades om för att få ett rättvisare antal intransporterade lass.

## 2.3 Kategorisering av variabler

Variablerna har delats in i olika kategorier beroende på hur de användes i analysen. Vilka variabler som ingår i respektive kategori visas i tabell 4.

*Förklarande variabler:* utgörs av variabler som förklarade variationen i lastfyllnads- och lastkörningsgrad. Dessa variabler ansågs vara oberoende från urvalet av beroende variabler.

*Kontextualiserande variabler:* utgörs av variabler som inte ansågs tillräckligt relevanta för att inkluderas i regressionsanalysen. De kontextualiserade variablerna ansågs vara tillgodoräknade i regressionsanalysen av arbetad tid, lastfyllnadsgrad, och lastkörningsgrad, antingen enskilt eller i kombination. Dessa variabler beskriver, likt arbetad tid, kvantitativa mått på bilarnas årsvärden. Variablerna användes istället i den multivariata PCA-analysen för att bidra med kontext i form av nyckeltal över hela perioden.

*Beroende variabler:* innehåller variabler vars variation förklarades av urvalet av förklarande variabler. Variationen i lastfyllnads- och lastkörningsgrad förklarades av de förklarande variablerna som i sin tur förklarade variationer i intäkterna.

**Tabell 4:** Indelning av variabler

*Table 4: Categorization of variables*

<b>Förklarande variabler</b>	<b>Kontextvariabler</b>	<b>Beroendevariabler</b>
Andel BK4	Transportarbete	Intäkter
Andel BK2 och 3	Körda mil	Lastkörningsgrad
Lastvikt	Lastkörd sträcka	Lastfyllnadsgrad

Medeltransportavstånd  
Andel flera avlägg  
Medelpris/grundpris  
Taravikt

Antal lass

Arbetad tid

---

## 2.4 Statistisk analys

För analysen användes tre olika statistiska metoder. En metod för att undersöka bakomliggande faktorer till de olika effektivitetsmåten, en för att prediktera bilarnas ekonomiska resultat och slutligen en sammanvägning av alla variabler för att identifiera skillnader mellan regioner genom värden på bilarnas samtliga nyckeltal. Alla statistiska analyser genomfördes i programmet Minitab (version 19.2020.01).

*Regressionsanalys:* Regressionsanalysens grundsyfte var att prediktera bilarnas intäkter under perioden genom att skapa en linjär regression med arbetad tid, lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad. För att en sådan modell ska vara relevant fastställdes ett samband mellan den beroende och de oberoende variablerna initialt. Sambandet fastställdes genom att korrelationen på en skala från noll till ett eller minus 1 undersöktes mellan observationerna, beroende på om det var en positiv eller negativ korrelation. Ett p-värde under 0,05 användes som gränsvärde för att indikera att korrelationen var signifikant. Det statistiska underlaget som användes för att säkerställa sambanden användes även senare i undersökningen av bakomliggande faktorer. Korrelationsmatrisen i sin helhet kan ses i Bilaga 1. Även vägbärighetsklassningens regionala påverkan undersöktes med en regression för att vidare undersöka om det fanns regionala förutsättningar som skiljde sig för bilarna. Skillnaden mellan korrelation och kausalitet behöver också fastställas (Yale University 1999). Icke-kausala samband är fall där två variabler korrelerar med varandra utan att utfallet i variablerna är beroende av varandra. I detta projekt är ett exempel på ett icke-kausalt samband att lastvikt korrelerar mot lastkörningsgraden trots att hur mycket last du lastar inte innebär en längre lastad sträcka i förhållande till den totala körsträckan. Kausala samband kan däremot ses mellan arbetad tid och transportarbete eftersom tiden påverkar hur stort transportarbete som utförs. Eftersom dataunderlaget endast inkluderar 22 observationer kommer en box-cox transformation göras för att garantera en normalfördelning av materialet (Minitab 2023).

*Korrelationsmatris:* Metoden för att undersöka bakomliggande faktorer var en korrelationsmatris där förklarande variabler sorterades ut och användes mot både kontextvariabler och beroendevariablerna för att hitta samband mellan dessa.

Praktiskt innebär detta att väntetid vid industrin, andelen lass på flera avlägg och vägbärighetsklassningen kommer att användas som förklarande variabler eftersom lastvikt, taravikt och lastkörd sträcka är komponenter i lastfyllnads- och lastkörningsgrad men fortfarande ingår i urvalet.

*Multivariat analys med PCA:* PCA eller principalkomponentsanalys har som huvudsyfte att förenkla multidimensionellt data genom att reducera antalet dimensioner i datasetet samtidigt som en stor del av informationen i datasetet bibehålls. De ingående variablerna gjordes om till vektorer vars varians analyserades vidare och utgjorde principalkomponenterna. Den första principalkomponentens riktning är den riktning där de ingående vektorerna hade störst variation. Den andra principalkomponenten blir i den riktning som maximerar variansen i vektorerna ortogonalt mot den första principalkomponenten. Konkret hade bilarna individuella värden i flera variabler. Som matristyp valdes en korrelationsmatris för att variablerna ska vara skalenliga och viktas lika i analysen. Bilarnas värden i principalkomponenterna och vektorernas värden i principalkomponenterna identifierade bilar med liknande variation i variablerna. Variablernas värden i två av principalkomponenterna illustrerades grafiskt där längd och riktning på vektorn bestämdes av hur mycket en enskild variabel bidrog till principalkomponentens värde (IBM 2023). En grafisk representation gjordes på bilarnas värden i form av en score plot som identifierade kluster med bilar med liknande värden i principalkomponenterna. Slutligen analyserades värdena gemensamma för bilarna i kluster i syfte att förklara variablerna som ligger bakom spridningen i datat.

Den första delen i en principalkomponentsanalys är egen-analysen. Egen-analysen beskrev hur mycket av variationen som kan förklaras med varje principalkomponent. Efter egenanalysen följde analysen av egenvektorer. Variablernas värden i principalkomponenterna bestämde hur mycket respektive variabel styr i den principalkomponenten. Variablernas värden i principalkomponent 1 och 2 illustrerades sedan grafiskt i en loading plot där längden och riktningen på variabelns vektor beskriver hur mycket den enskilda variabeln styrde respektive principalkomponent. Vektorernas position i loading plot beskriver också korrelationen mellan variabler. Vinkeln mellan två vektorer beskriver korrelationen mellan de två vektorerna. En mindre vinkel indikerade en positiv korrelation, en vinkel på  $90^\circ$  indikerar att det saknades en korrelation och en vinkel nära  $180^\circ$  indikerade en negativ korrelation (BioTuring Team 2018). Slutligen illustrerades bilarnas värden i en score plot där tendenser till regional klustring undersöktes närmre och sambanden mellan regioner och egenvärden förklarades.

## 3. Resultat

I detta avsnitt presenteras resultaten av den statistiska analysen. Arbetad tid och intäkter anonymiserades för bilarna i urvalet. Figureerna som innehåller dessa variabler saknar värden på axlar som associeras med någon av variablerna.

### 3.1 Beskrivande statistik

Tabell 5 beskriver grunddatat och visar medelvärden samt standardavvikelser för alla variabler som ingår i analysen. Underlaget inkluderar 22 observationer för varje variabel, en observation för varje bil. För majoriteten av variablerna finns det en betydande standardavvikelse i förhållande till medelvärdet. Variationen i antal lass och arbetad tid beskriver att bilarna har varit aktiva olika mycket under perioden. Standardavvikelsen i lastvikt, lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad är relativt liten i förhållande till medelvärdet men påverkar varje enskilt lass. Detta till skillnad från exempelvis transportarbetet som är en summering över den undersökta perioden.

**Tabell 5:** Årliga medelvärden och standardavvikelser för variabler*Table 5: Annual means and standard deviation of variables*

Variabel	Enhet	Medelvärde	Standardavvikelse
Medeltransportavstånd	km	76,51	11,84
Lastfyllnadsgrad	%	92,297	3,267
Inkörningsförmåga	Kr/h	1033,1	188,3
Lastkörningsgrad	%	56,958	4,565
Arbetad tid	h/år	3175	1034
Andel BK4	%	18,92	15,54
Andel delade lass	%	38,51	6,87
Transportarbete	Tonkm/år	2874945	1174312
Intäkter	Kr/år	3376094	1418184
Lastvikt	Ton	41,713	2,146
Körda mil	Km/år	11143	4231
Lastkörd sträcka	Km/år	6380	2530
Andel BK2 och BK3	%	1,827	2,303
Medelpris/grundpris	Kr/m <sup>3</sup> fub	158,09	23,57
Taravikt	Ton	22,917	0,374
Antal lass	St/år	652,9	252,9

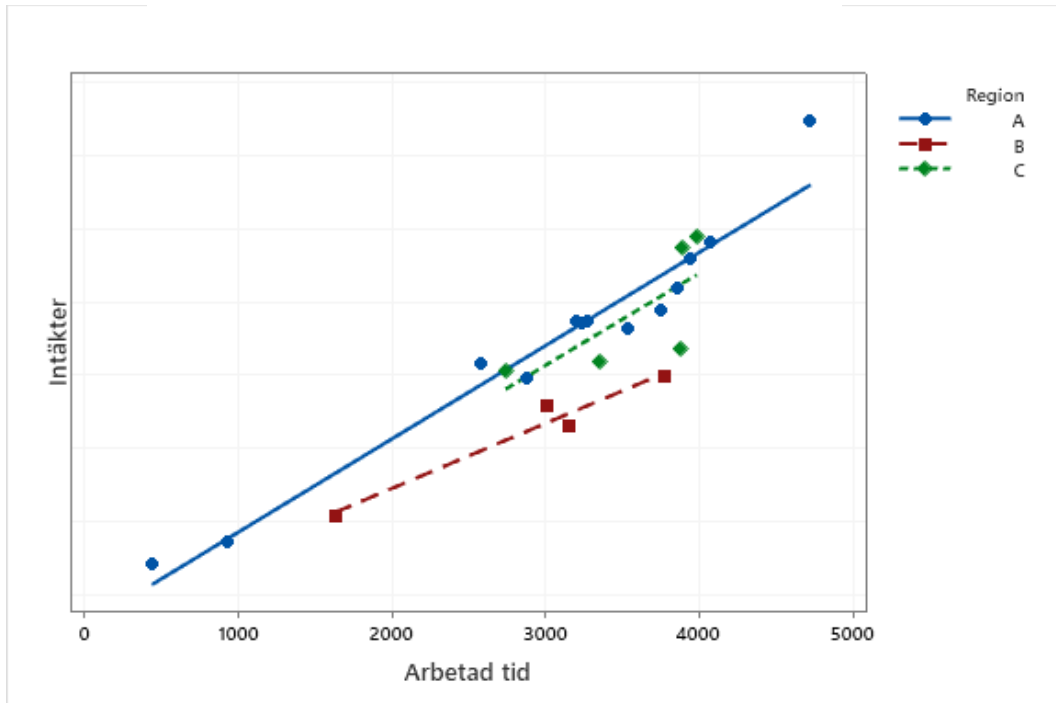
## 3.2 Kvantifiering av påverkan av tid, lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad på intäkter

Denna del av resultatet innehåller regressionsmodeller där arbetad tid, lastfyllnads- och lastkörningsgrad används för att prediktera intäkterna. Den första delen innehåller en enkel linjär regression och den andra delen innehåller en multipel linjär regression där variablerna används i kombination för att prediktera intäkterna under perioden. Variabler med signifikant korrelation mot tid, lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad slutligen presenteras för att undersöka bakomliggande faktorer till variationen.

### 3.2.1 Individuella modeller

Regressionsmodellen för arbetad tid och intäkter i figur 4 visade spridningen mellan bilarnas arbetade tid i förhållande till deras intäkter under perioden. Tre av bilarna hade en tydligt mindre arbetad tid och färre intäkter under perioden. Det fanns en variation där vissa bilar presterade sämre i förhållande till arbetad tid och vissa bättre. Regressionen hade en förklaringsgrad ( $R^2$ ) på 84,13% ( $p < 0,000$ ). Region B hade ett mindre positivt samband jämfört med de andra regionerna. Region C hade

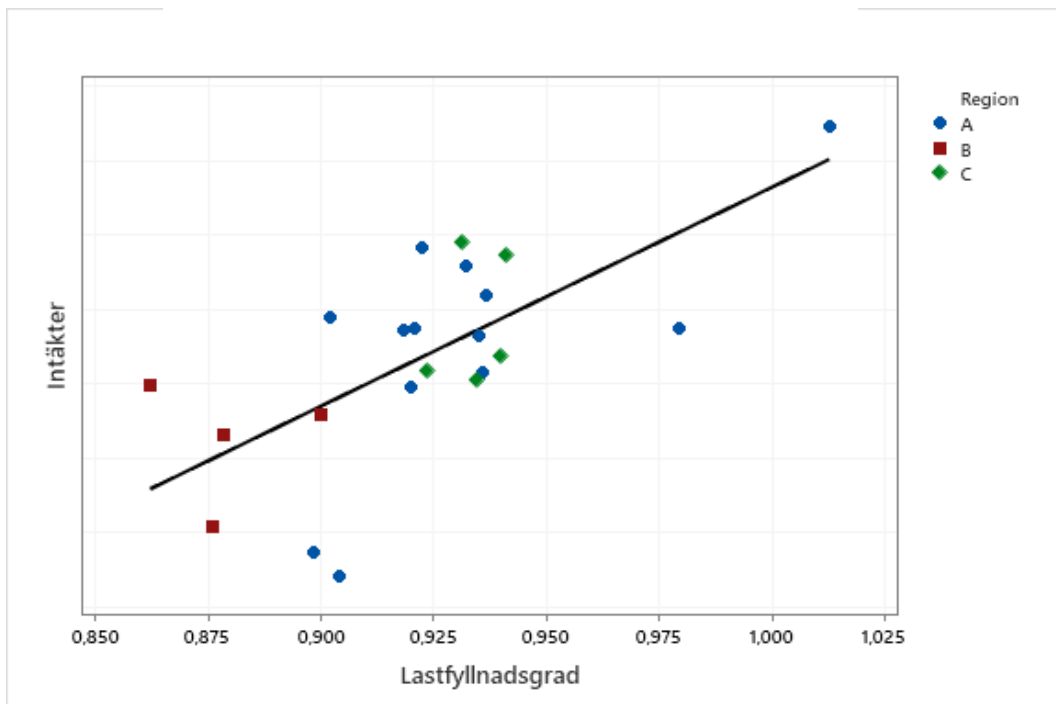
störst spridning inom regionen men tydligt linjärt samband. Region C visade liten spridning på arbetad tid men värden på intäkterna varierade betydligt trots detta.



**Figur 4:** Regressionsmodell för Arbetad tid (h/år) mot Intäkter (kr/år) för perioden (anonymiserat utan redovisade värden). Lastbilar färgsatta efter region.

**Figure 4:** Regression model of working hours against revenue for the period. Trucks colored by region.

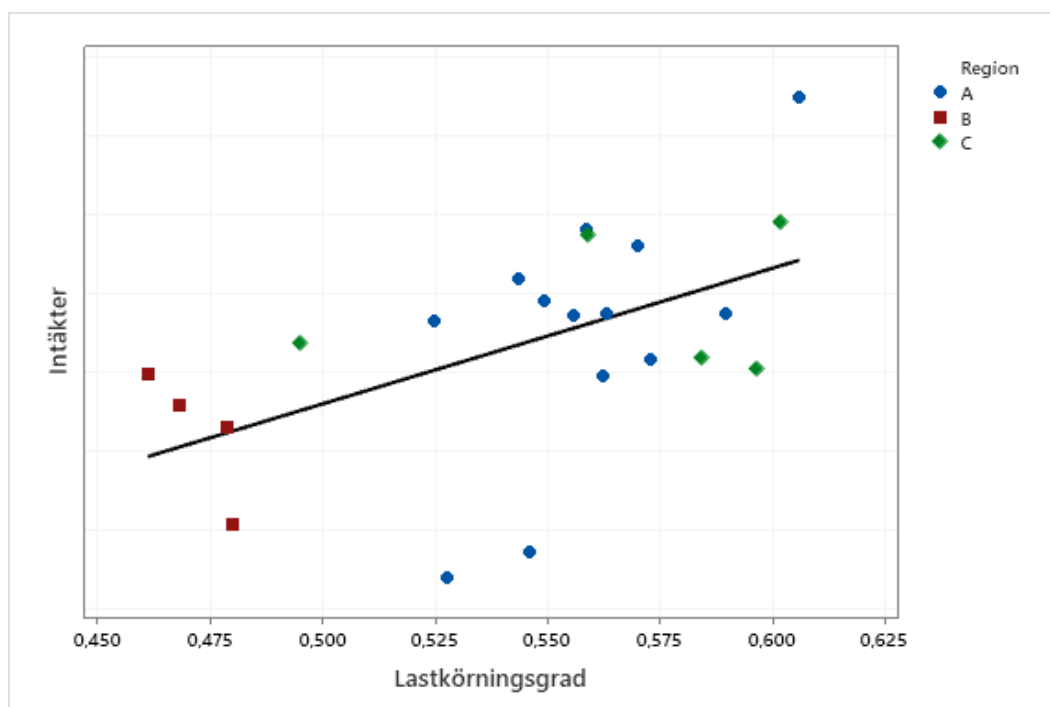
Från den beskrivande statistiken i tabell 5 var medelvärdet för lastfyllnadsgraden ca 0,923. I figur 5 kunde en viss klustring av bilar som hade en lastfyllnadsgrad runt medelvärdet men skiljer sig i intäkter urskiljas. Regressionen hade en förklaringsgrad ( $R^2$ ) på 46,2% ( $p < 0,001$ ). Regionalt hade region B lägre värden i både intäkter och lastfyllnadsgrad. Stor spridning inom region A kunde också urskiljas. Bilar med lägst värden i region A kunde förklaras av en låg arbetad tid.



**Figur 5:** Regressionsmodell för Lastfyllnadsgrad (%) mot Intäkter (kr/år) för perioden (Intäkter anonymiserat utan redovisade värden). Lastbilar färgsatta efter region.

**Figure 5:** Regression model of cargo capacity utilization against revenue for the period. Trucks colored by region.

Bilarnas värden för lastkörningsgraden i figur 6 saknade tendenser till klustring och det fanns en tydlig spridning i modellen. Det fanns en skillnad i intäkter trots att bilarna hade samma lastkörningsgrad även om den generella trenden är ökande. Regressionen hade en förklaringsgrad ( $R^2$ ) på 28,3% ( $p < 0,011$ ). Även för lastkörningsgraden hade region B generellt låga värden. Bilar med låga intäkter i region A kunde återigen förklaras av en låg arbetad tid.



**Figur 6:** Regressionsmodell för lastkörningsgrad (%) mot intäkter (kr//år) under perioden. (Intäkter anonymiserat utan redovisade värden).

**Figure 6:** Regression model containing share of load driven distance (%) against revenue (kr) for the period.

### 3.2.2 Kombinerad modell

Regressionsekvationen för modellen med lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad samt den fullständiga regressionsekvationen beskrivs nedan med interceptet respektive koefficienten för arbetad tid anonymiserad.

$$\text{Intäkter} = X + 25502646 * \text{Lastfyllnadsgrad} + 4449630 * \text{Lastkörningsgrad}$$

*(Regressionsmodell för lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad)*

$$\text{Intäkter}^{0,5} = -1582 + 943 * \text{Lastfyllnadsgrad} + 2380 * \text{Lastkörningsgrad} + X$$

*\* Arbetad tid*  
*(Kombinerad regressionsmodell)*

Regressionen med lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad hade en förklaringsgrad ( $R^2$ ) på 47,25%, endast lastfyllnadsgrad var signifikant ( $p < 0,017$ ) i modellen.



Regressionen med arbetad tid, lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad hade ett R<sup>2</sup>-värde på 97,20%. Tid och lastkörningsgrad var signifikanta (p <0,000; p <0,000) i modellen.

### 3.3 Analys av bakomliggande faktorer

Alla variabler med en positiv korrelation till arbetad tid, lastfyllnads- och lastkörningsgrad hade även en positiv signifikant korrelation med intäkterna under perioden förutom andelen med flera avlägg som enbart hade en signifikant korrelation med arbetad tid (p <0,039) i tabell 5. Enligt tabell 5 hade lastfyllnadsgraden samma signifikanta korrelationer med variabler som lastkörningsgraden bortsett från korrelationen med arbetad tid.

**Tabell 6:** Korrelationsmatris med variabler signifikanta mot oberoende variabler (Arbetad tid/år, lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad) från regressionsanalysen

*Table 6: Correlation matrix including variables significant against dependent variables in regression analysis*

<b>Arbetad tid (h/år)</b>	<b>N</b>	<b>Korrelation</b>	<b>95% konfidensintervall</b>	<b>P-Värde</b>
Intäkter (kr/år)	22	0,917	(0,808; 0,965)	0,000
Lastfyllnadsgrad (%)	22	0,452	(0,038; 0,734)	0,034
Inkörningsförmåga (kr/h)	22	0,520	(0,126; 0,772)	0,013
Transportarbete (tonkm)	22	0,920	(0,814; 0,967)	0,000
Körda mil/år	22	0,950	(0,880; 0,979)	0,000
Lastkörd sträcka (km/år)	22	0,932	(0,841; 0,972)	0,000
Antal transporterade lass/år	22	0,884	(0,738; 0,951)	0,000
Andel flera avlägg	22	0,444	(0,027; 0,729)	0,039
<b>Lastfyllnadsgrad (%)</b>	<b>N</b>	<b>Korrelation</b>	<b>95% konfidensintervall</b>	<b>P-Värde</b>
Lastkörningsgrad (%)	22	0,671	(0,347; 0,851)	0,001
Intäkter (kr)	22	0,680	(0,362; 0,856)	0,001
Inkörningsförmåga (kr/h)	22	0,778	(0,531; 0,903)	0,000
Transportarbete (tonkm)	22	0,644	(0,305; 0,838)	0,001
Lastvikt (ton)	22	0,983	(0,959; 0,993)	0,000
Lastkörd sträcka (km)	22	0,510	(0,112; 0,767)	0,015
Antal transporterade lass	22	0,585	(0,217; 0,808)	0,004
Arbetad tid (h)	22	0,452	(0,038; 0,734)	0,034
<b>Lastkörningsgrad (%)</b>	<b>N</b>	<b>Korrelation</b>	<b>95% konfidensintervall</b>	<b>P-Värde</b>
Intäkter (kr)	22	0,532	(0,142; 0,779)	0,011
Lastfyllnadsgrad (%)	22	0,671	(0,347; 0,851)	0,001
Inkörningsförmåga (kr/h)	22	0,822	(0,612; 0,923)	0,000
Transportarbete (tonkm)	22	0,523	(0,129; 0,774)	0,013
Lastvikt (ton)	22	0,734	(0,452; 0,883)	0,000
Lastkörd sträcka (km)	22	0,428	(0,007; 0,720)	0,047
Antal transporterade lass	22	0,492	(0,089; 0,757)	0,020

### 3.4 Analys av regionala skillnader med PCA-analys

I detta avsnitt behandlas resultatet från PCA- analysens olika steg.

Det första steget i principalkomponentsanalysen är egenanalysen vars resultat redovisas i tabell 7. Egenanalysen indikerar att fyra principalkomponenter var tillräckligt i analysen eftersom dessa hade ett egen-värde större än 1. Grafiskt presenterades endast 2 principalkomponenter. Dessa två komponenter förklarade tillsammans 64,6% av den totala variationen enligt den kumulativa proportionen i tabell 8. Principalkomponent 1 och principalkomponent 2 refereras fortsättningsvis till som PC1 och PC2.

**Tabell 7:** Egenanalys av korrelationsmatris

*Table 7: Eigen analysis of correlation matrix*

	PC1	PC2	PC3	PC4
Egenvärde	6,7764	2,9075	2,0737	1,3496
Proportion	0,452	0,194	0,138	0,090
Kumulativ	0,452	0,646	0,784	0,874

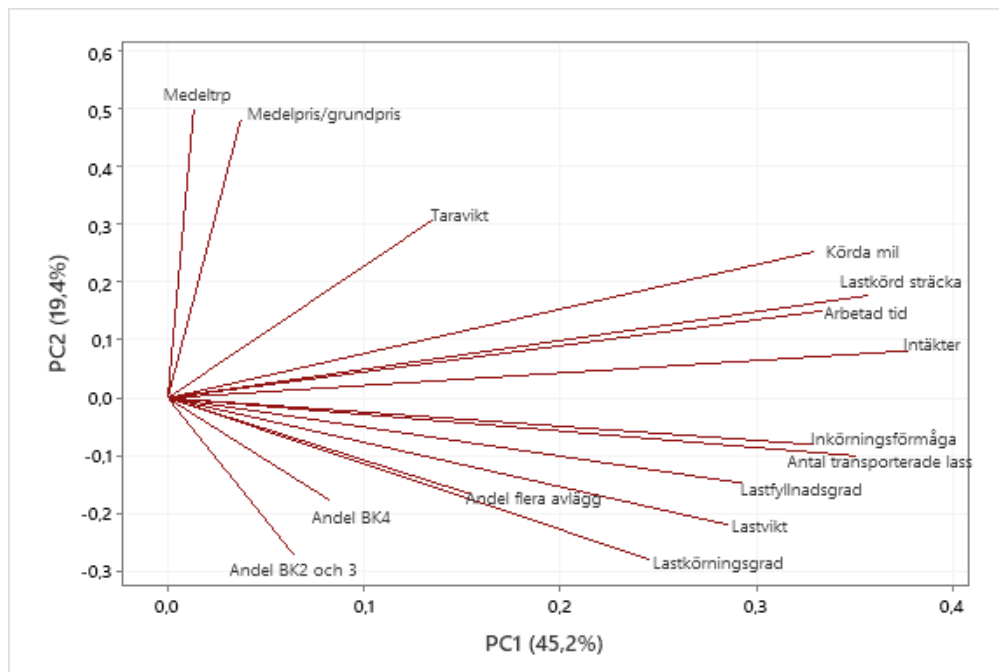
Värden för variablerna i de olika komponenterna redovisas i detalj i egenvektoranalysen i tabell 8. Alla variabler var positiva i PC1 och variabler som vägde tyngst i principalkomponenten är intäkter, transportarbete och lastkörd sträcka. I PC2 är variationen mellan variablernas vikt större och vissa variabler hade negativa värden.

**Tabell 8:** Egenvektoranalys, styrande variabler (värden över 0,3) är fetmarkerade och understrukna.

*Table 8: Eigenvector analysis, controlling variables (value above 0,3) are bold and underlined.*

Variabel	PC1	PC2	PC3	PC4
Medeltransportavstånd	0,013	<b><u>0,499</u></b>	-0,125	0,323
Lastfyllnadsgrad	0,293	-0,148	-0,329	-0,179
Inkörningsförmåga	<b><u>0,329</u></b>	-0,081	-0,217	0,245
Lastkörningsgrad	0,245	-0,280	-0,164	0,278
Arbetad tid	<b>0,333</b>	0,151	0,206	-0,125
Andel BK4	0,083	-0,177	0,496	-0,200
Intäkter	<b><u>0,377</u></b>	0,082	0,010	-0,019
Lastvikt	0,285	-0,219	-0,291	-0,104
Körda mil	<b><u>0,329</u></b>	0,253	0,131	0,020
Lastkörd sträcka	<b><u>0,356</u></b>	0,178	0,098	0,061
Andel BK2 och 3	0,064	-0,272	-0,052	0,590
Medelpris/grundpris	0,037	<b><u>0,482</u></b>	0,148	0,318
Taravikt	0,135	<b><u>0,308</u></b>	-0,294	-0,435
Antal transporterade lass	<b><u>0,350</u></b>	-0,100	0,168	-0,105
Andel flera avlägg	0,154	-0,167	0,512	0,078

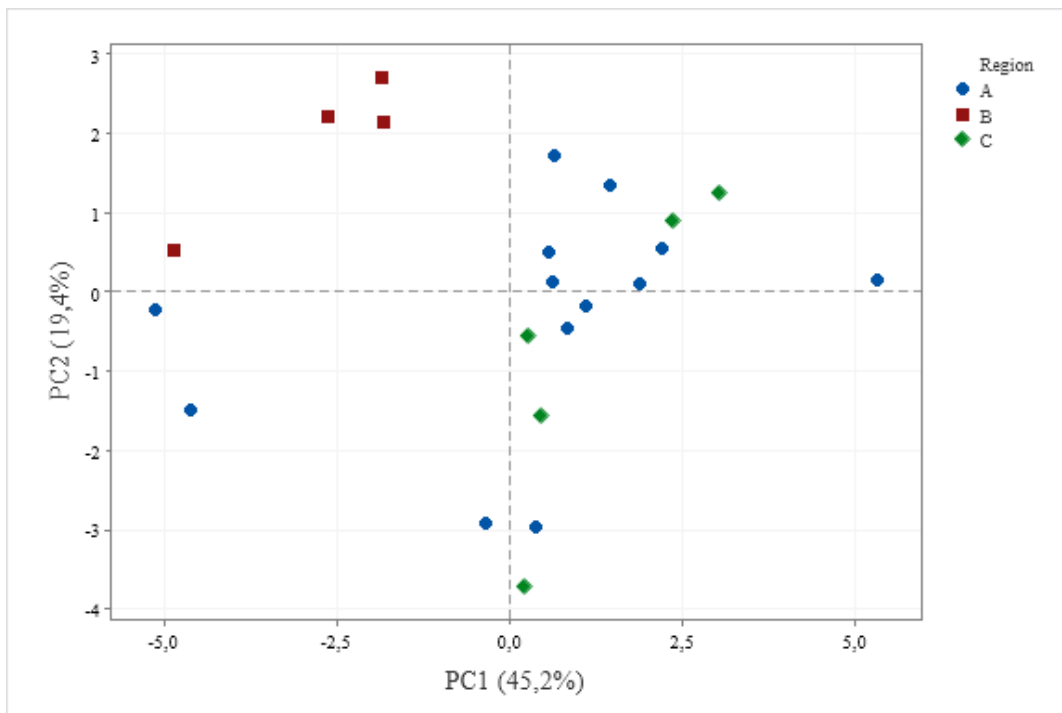
Ju närmre variablernas värden i PC1 och PC2 är varandra i loading plotten, desto mer samvariation fanns mellan dessa variabler (figur 7). Detsamma gällde vektorer som har motsatt riktning, men dessa hade istället ett negativt förhållande till varandra. Variablerna saknade motsatsförhållande i PC1, däremot indikerade variationen i PC2 att medeltransportsträckan varierade motsatt från andelen BK2 och BK3 samt till viss del även andel BK4.



**Figur 7:** Loading plot över variabler och deras variation. PC1 beskrev positiva värden för alla variabler och intäkter hade störst vikt i komponentens värde. PC2 beskrev negativa värden för bland annat andel BK2 och 3 och andel BK4. PC2 beskrev positiva värden för medeltransportavstånd (medeltrp) och medelpris/grundpris. Medeltransportavstånd var variabeln med störst vikt i andra komponenten. Variationen som respektive komponent förklarar anges på respektive axel.

**Figure 7:** Loading plot of the variation in variables. PC1 show positive values for all variables and revenue has the greatest weight in the value of the component. PC2 show negative values for the share of BK2 and 3. PC2 show positive values for mean transport distance and mean/base price. Mean transport distance has the greatest weight in the second component. The variance explained by each component is labeled on the respective axis.

Bilar längre ut till höger i score plotten (figur 8) visade utifrån variabelvärden från egenvektoranalysen generellt bättre värden i alla variabler. Bilen med högst värde i PC1 hade en hög inkörningsförmåga, lastvikt, lastfyllnadsgrad, lastkörningsgrad och intäkter under perioden jämfört med det resterande urvalet. Detta samtidigt som den enligt variationen i PC2 hade färre arbetade timmar, körda mil och transportarbete i förhållande till det resterande urvalet av bilar. Bilar runt origo hade mer genomsnittliga variabelvärden och bilar med låga värden i båda principalkomponenterna hade generellt sämre värden men i synnerhet färre arbetade timmar och körda mil under perioden i kombination med ett högt medeltransportavstånd och medelpris/grundpris.



**Figur 8:** Score plot över variation i PC1 och PC2, där bilarna är färgsatta efter region. Andel variation som respektive komponent förklarar anges på respektive axel.

**Figure 8:** Score plot of variation in PC1 and PC2 with individual trucks colored by corresponding region. Variation explained by components are given on the respective axis.

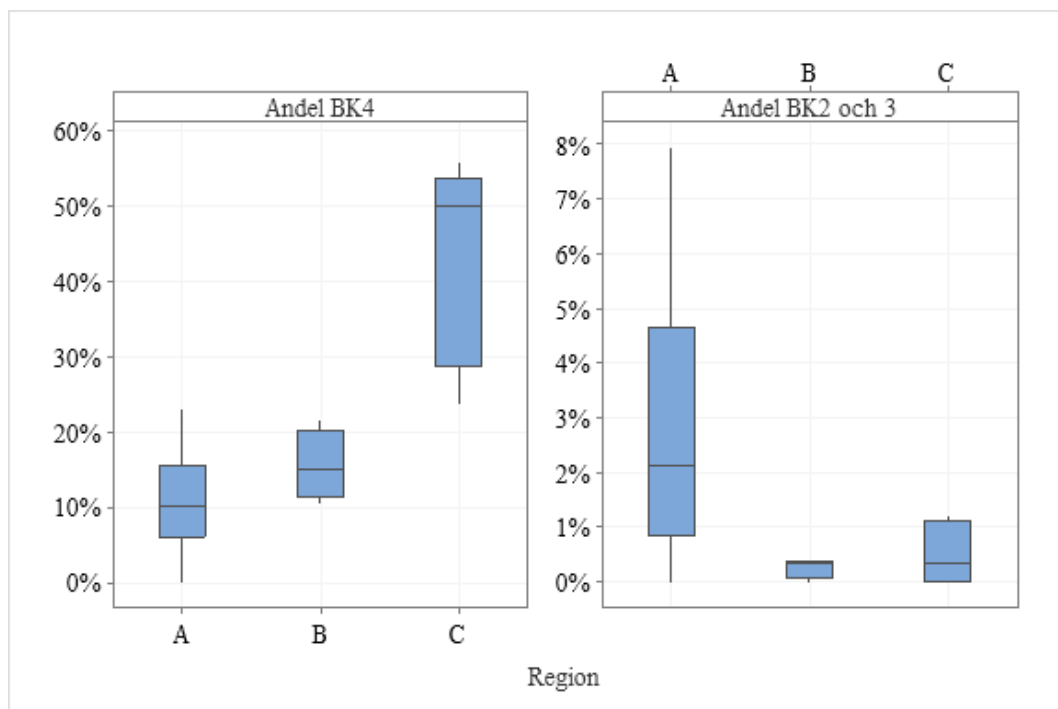
Bilar som tillhörde regionen med ett bortfall i intäkt tillhörde region B. Karakteristiskt för detta kluster var lägre värden i PC1 och genomsnittliga till högre värden i PC2. Detta innebär att bilarna på regionen hade generellt lägre värden i PC1. Variationen i PC2 visar att de hade ett högre antal körda mil och mer arbetad tid i kombination med en lägre lastfyllnads- och lastkörningsgrad. Region B hade även en låg andel transport på vägar med bärighetsklass 4 och vägar med lägre bärighetsklass än 1. Eftersom medeltransportavstånd och medelpris/grundpris är variablerna som i störst utsträckning styr variationen i PC2 har region B en längre medeltransportsträcka och ett högre medelpris/grundpris än det resterande urvalet.

### 3.5 Vidare analys av regionala skillnader i nyckeltal

Den tydliga klustringen av region B i tidigare regressioner och PCA-analysen ledde till att regionens påverkan på intäkter, tid, lastfyllnads- och lastkörningsgrad också undersöktes genom en regression. Region hade ingen signifikant korrelation med arbetad tid eller intäkter under perioden. Däremot hade region signifikant korrelation mot lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad ( $p < 0,000$ ;  $p < 0,000$ ).

### 3.5.1 Regionala skillnader i vägnätets struktur

Regionens påverkan av bärighetsklassningen undersöktes också med en regression och en detaljerad illustration av spridningen kan ses i figur 9. I regressionsmodellen för transport på vägar med bärighetsklass 4 hade region en förklaringsgrad ( $R^2$ ) på 74,67%. Region C var den enda regionen som var signifikant ( $p < 0,000$ ). Regressionsmodellen med andel volym transporterad på vägar med sämre bärighetsklass än 1 hade en förklaringsgrad ( $R^2$ ) på 27,73%, både region B och C var signifikanta ( $p < 0,044$ ;  $p < 0,048$ ).



**Figur 9:** Boxplot över spridningen i volymandel transporterad på olika bärighetsklasser för varje region.

**Figure 9:** Boxplot illustrating the spread of volume share transported on roads with differing bearing capacity.

I figur 9 visade region C den största andelen volym redovisad på BK4 väg med ett medelvärde på cirka 50% med viss spridning mellan bilarna på regionen. Region A hade lägst medelvärde men bilarnas värden visade på en del spridning. Region B hade relativt låga värden och det fanns en relativt liten spridning inom regionen.

Andelen BK2 och 3 var låg för alla regionerna. Bilarna på region A visade på en del spridning men i övrigt var volymandelarna för region B och C väldigt låga.

## 4. Diskussion

### 4.1 Tolkning av resultat

Förklaringsgraderna på regressionerna på lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad var låga (46,2% respektive 28,3%) vilket tydde på att variablerna ensamma var sämre på att prediktera intäkten under perioden. Detta ansågs logiskt med tanke på variationen i arbetsinsats mellan bilarna under perioden. Detta stärktes ytterligare då arbetad tid hade en betydligt högre förklaringsgrad (84,13 %) i sin regressionsmodell i jämförelse. Trots detta visade lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad en signifikant påverkan på intäkter under perioden. Den kombinerade modellen med alla tre nyckelvariabler visade en hög förklaringsgrad (97,2%) vilket tydligt visade att med endast tre nyckeltal kunde nära hela variationen bilarnas intäkter under perioden förklaras.

Regionala skillnader som undersöktes i PCA-analysen visade en tydlig klustring av bilarna på regionen som har ett bortfall av intäkt. Regionen visade låga nyckeltal generellt men det som särskilde den från det resterande urvalet var ett högt medeltransportavstånd i kombination med mindre transport på vägar med bärighetsklass två, tre och fyra. Den regionala skillnaden i nyckeltalens regressioner belyste ytterligare att region B inte samvarierade med andra regioner samt att det enda nyckeltalet som visade en stark positiv korrelation med intäkter för regionen var arbetad tid. I sin tur går detta i linje med förklaringsgraderna för de tre regressionsmodellerna. Förklaringsgraderna hade antagligen blivit ännu högre om region B bortfallit från urvalet. Den vidare analysen av bärighetsklasserna visade att vägnätverkets bärigheter skiljde sig mellan regionerna. De övriga två regionerna saknade tendenser till klustring och bortsett från bilarna med väldigt liten arbetad tid förhöll alla bilar sig positivt i principalkomponent 1 som innehöll generellt positiva värden i framförallt intäkter men även nyckeltalen över lag.

Trots att den statistiska analysen inte visade på ett samband mellan lastfyllnadsgrad och andel transporterat på vägar med bärighetsklass 4 så existerade ett samband mellan region B och lastfyllnadsgrad samt mellan region B och bärighetsklasserna. Södra beskrev bärighetsklassningen som en osäkerhet eftersom klassningen sätts av

chaufförerna själva vid intransport. Konkret betyder detta att bärighetsklassningen på leveranserna i dataunderlaget innehöll osäkerheter och inte nödvändigtvis överensstämde med bärighetsklassningen enligt Krönt vägval.

Eftersom VIOL är ett branschgemensamt system borde alla processer i behandlingen av datautdraget från VIOL även vara applicerbara på andra branschorganisationer. Då utdraget ligger till grund för majoriteten av beräkningarna i denna analys bör metoden vara till stor del densamma.

## 4.2 Osäkerheter i databehandling och dataunderlag

Trots osäkerheterna som beskrivs i avsnitten nedan finns det mycket som tyder på att utfallet var lyckat. Exempelvis varierade transportarbetet i stor utsträckning med intäkterna under perioden. Beräkningen av lastkörningsgrad ansågs av Södra vara lyckad då de beställt en extern utredning på en av bilarna vars resultat var nära det som denna analys redovisade<sup>2</sup>.

### 4.2.1 Osäkerheter i databehandling

Resultatet innehåller många felkällor kopplade till den mänskliga faktorn. Inga tidigare studier som beskrev en databehandling kopplat till VIOL-utdrag hittades. Detta innebar att metodavsnittet utvecklades i takt med analysen och olika sätt att utföra beräkningar och klustringen testades löpande.

Den manuella lassklustringsprocessen kopplad till lastfyllnadsgraden innehåller en mänsklig faktor eftersom volymer som var redovisade som en i samlast ibland behövde adderas. Om det inte gick att koppla lass till varandra lämnades leveranserna och redovisades som ett inkört lass trots att volymen endast var ett par kubikmeter. Problemet var att det var svårt att dra en gräns för vilka volymer som rimligen hade körts utan samlaster och vilka som borde adderas på andra dellaster. I och med detta finns det risk för att lastfyllnadsgraden systematiskt skattades lågt. Skattningen bör slå hårdare för bilar med många delade lass eller bilar där ett större urval av transportordrar inte fångades upp på grund av felaktigheter. En för hög skattning var enklare att motverka genom att begränsa urvalet utefter vad som var fysiskt rimligt och lagenligt. Att det längsta avståndet mellan avläggens positioner alltid användes för beräkning av den lastkörda sträckan borde även göra att lastkörd sträcka och därmed lastkörningsgraden skattats högt. I sin tur borde detta slå hårdare mot bilar med en högre andel leveranser där fler än ett avlägg besöks.

---

<sup>2</sup> Möte med Pehr Sundblad och Oscar Herrlin 2024-02

Den statistiska analysen innehåller endast 22 observationer vilket kan vara en begränsning i datans normalfördelning. Varje observation får en stor vikt i analysen. Fler observationer hade gett en tydligare analys och säkrare slutsatser hade kunnat dras från underlaget. Med det sagt gjordes en box-cox transformation i den kombinerade regressionsmodellen på arbetad tid, lastkörningsgrad och lastfyllnadsgrad.

#### 4.2.2 Osäkerheter i dataunderlag

Initialt skulle lönsamhet eller nettomarginal vara den primära beroendevariabeln i analysen. Den främsta anledningen till att den inte inkluderades var att faktorer som styr kostnader var svåra att kvantifiera och fånga upp. Saker som avskrivningar och försäljning av bilar är exempel på förutsättningar som gjorde det för svårt att kvantifiera bilarnas nettomarginal. Utöver detta försvårade även de kraftiga skillnaderna i arbetad tid möjligheten att dra konkreta slutsatser kopplat till det ekonomiska resultatet. Slutsatser till vad olika typer av kostnadsposter var och huruvida de skulle inkluderas i analysen ansågs vara svåra att dra utan att på förhand ha en god kännedom om verksamheten och redovisningsprogrammen.

Antalet dellaster på leveranserna var en osäkerhet i datamaterialet och en variabel som initialt användes men senare förkastades då den endast redovisade sortiment som i många fall kom från samma avlägg. Att lasternas redovisningsnummer i flera fall skiljde sig med en siffra gjorde det visserligen möjligt att automatisera lassklustringen till viss del men med avgränsningen att lastfyllnadsgraden begränsades till 110%. Avgränsningen behövdes eftersom två eller fler hela leveranser kunde gjorts till samma mottagning under samma dag av samma bil vilket i sin tur också ger redovisningsnummer som skiljer sig med en siffra. Ett alternativ till detta hade varit att lägga till en begränsning för ankomst och avgångstid men då dessa också varierade ansågs det rimligare att begränsa lastvikten. Dataunderlaget på total körsträcka innehåller under vissa perioder för vissa bilar en uppskattad körsträcka där den faktiska körsträckan inte registrerats korrekt vilket blir en osäkerhet i beräkningen av lastkörningsgraden och regressionsanalysen.

En mottagningsplats innehöll både ett sågverk och ett massabruk som redovisades separat vilket gjorde det i praktiken omöjligt att hitta en metod för att klustra lass där sågtimmer och massaved samlats till en av dessa mottagningar. Eftersom alla tidigare kriterier i klustringen bortsett från transportör och datum skiljde sig åt för denna typ av leveranser ansågs dessa omöjligt att klustra automatiskt. Ett försök till



en manuell klustring av dessa leveranser ansågs också vara utmanande sett till tidsramen för arbetet. Det ansågs vara ett alternativ men riskerar, på grund av svårigheter med kriterierna, att ordrar klustras felaktigt och därmed fortsatt ger ett osäkert resultat. Därtill kan mottagningarna ha besökts i olika ordning vilket kräver ytterligare behandling. Detta borde resultera i en lägre lastfyllnadsgrad för hela urvalet men bör slå hårdast mot bilar i region B då de har en större andel leveranser till mottagningen.

Ett antal mottagningars redovisning av leveranser var också felaktig. I synnerhet med två av mottagningarna där den ena i flera fall visade volymer över 80 m<sup>3</sup> redovisade under samma redovisningsnummer och då räknades som ett lass. I ett annat fall mättes virket in på en separat mottagningsplats och kördes till den första vilket gjorde att all den inmätta volymen redovisades på samma redovisningsnummer. I fall som dessa där en stor volym redovisats behövde volymen exkluderas då lastfyllnadsgraden räknades ut vilket i sig är en osäkerhet.

För stora volymer är något som i synnerhet kunde kopplas till mottagningsplatser på region A. Detta i kombination med osäkerheten i att chaufförerna själva satt bärighetsklassningen och andra fel i databehandlingen anses kunna förklara den höga lastfyllnadsgraden för de två bilar på regionen som hade väldigt hög lastfyllnadsgrad (figur 5). Detta trots regionens generellt låga andel volym transporterat på väg med bärighetsklass 4 (figur 9).

### 4.3 Jämförelse av resultat mot tidigare forskning

Lastfyllnadsgrad har även i tidigare studier använts som ett nyckeltal som påverkar transportekonomin och emissioner. Widinghoff (2014) diskuterar även att en låg bruttovikt kan bero på en volymbegränsning och att stockarna har apterats för kort. En annan anledning som diskuteras är att chaufförer med mindre erfarenhet av fordonsvågar i kombination med att fordonsvågarna har för låg noggrannhet gör att chaufförerna inte vågar lasta på mer vilket hade lett till en högre lastfyllnadsgrad. Eftersom det i analysen inte redovisas en lastvikt för lass till mottagningar som saknar våg är det rimligt att det borde finnas osäkerheter i lastvikten. Bilarna i denna studie är likadant utformade men har olika genomsnittliga taravikter. Givet att bilarna är likadant utformade bör skillnaden i taravikt kunna förklaras av osäkerheter i fordonsvågarna. En ytterligare aspekt som lyfts i arbetsrapporten av Widinghoff (2014) är att virket blir torrare under sommarmånaderna och som tidigare beskrivs har bilarna varit olika aktiva under perioden vilket kan leda till att lastvikten är antingen under- eller överskattad beroende på arbetsintensiteten under specifika månader, i synnerhet under sommaren då de flesta bilar drar ner på intensiteten.

Erlandsson (2008) beskriver att korta transportsträckor har en negativ inverkan på åkeriers ekonomiska resultat. Ett sådant samband har inte kunnat identifieras i denna studie, figur 4 visade enbart en samvariation med medelpris/grundpris som beskriver delar av prissättningen. Slutsatsen blir istället att prissättningen i förhållande till transportsträckan är rimlig enligt dataunderlaget. Erlandsson (2008) diskuterar även att taravikten har en stark påverkan på lönsamheten, eftersom den ligger till grund för tillåten lastvikt. Detta är i linje med resultat från denna studie då lastfyllnadsgraden påverkar intäkterna under perioden som i sin tur påverkar det ekonomiska resultatet.

Nurminen & Heinonen (2007) beskriver att den totala transporttiden för lass med flera dellaster är 24% större än den för lass med en dellast. Tidsåtgången kunde inte jämföras mellan lasttyperna i denna studie men en positiv korrelation fanns mellan antalet besökta avlägg per lass och arbetad tid (tabell 6). Detta gör att resultaten från denna studie åtminstone går i linje med att lass där flera avlägg besöks kräver mer arbetad tid. Tabell 6 visade även att antalet avlägg hade en positiv korrelation med antalet intransporterade lass. Om arbetstiden varit densamma för varje bil i utdraget hade det varit ologiskt att antalet intransporterade lass korrelerat positivt mot andel vikt som transporterats med besök av flera avlägg, givet att korrelationen finns mot arbetad tid.

Noreland (2020) menar att för Götaland krävs det att 45% av leveranserna sker på väg med bärighetsklass 4 för att det ska bli lönsamt att investera i fordon med en bruttovikt på 70 ton jämfört mot 64 ton. Om chaufförernas bärighetsklassning stämmer någorlunda mot den faktiska bärighetsklassningen borde det innebära att lastfyllnadsgraden för bilar med låg andel väg med bärighetsklass 4 eventuellt borde räknas med en max-last på 64 ton istället för 70 ton för att göra lastfyllnadsgraden mer jämförbar. Enligt data på vägbärigheten är det enbart region C där vikten av leveranserna på väg med bärighetsklass 4 överstiger 45%. Asmoarp & von Hofsten (2019) beskriver även att med tyngre lastbilar sjunker den tillåtna maximala lastvikten för bilarna givet att vägnätet begränsar. Trots detta fanns det ingen signifikant korrelation mellan andelen vikt transporterad på vägar med bärighetsklass 4 och lastfyllnadsgraden vilket tyder på att andra faktorer styr lastfyllnadsgraden. En tyngre lastbil förbrukar mindre bränsle i relation till det transportarbete den utför, givet att den är fullt lastad (Widinghoff 2014). Detta kan i sin tur motivera en utveckling av vägnätet då det både gett en miljövinst och en ekonomisk vinst i form av minskade drivmedelskostnader.

## 4.4 Vidare studier

En del av syftet var att identifiera regionala skillnader, eller mer konkret varför region B var mindre lönsam än de andra regionerna. Resultaten i denna studie visade att det fanns en regional skillnad i intäkter, lastfyllnads- och lastkörningsgrad men att en skillnad bevisligen finns förklarar inte varför den finns. Visserligen visade PCA-analysen på en tydlig klustring och gemensamma faktorer men ingen enskild faktor kan pekas ut som ansvarig för variationen. Detsamma gällde den regionala analysen av nyckeltalen där nyckeltalen var generellt låga och verkade sakna samband med intäkterna för regionen bortsett från arbetad tid. Med tanke på analysen borde vägbärigheten vara orsaken till deras bortfall i intäkt men vägbärigheten visade sig inte ha en signifikant påverkan på intäkterna. Eftersom chaufförerna sätter vägbärigheten är det rimligt att det finns osäkerheter i den faktiska vägbärigheten enligt Krönt vägval. En tydligare analys av vägnätet för att fastställa den faktiska vägbärigheten på de olika regionernas leveranser hade antagligen gett en tydligare bild av varför region B är mindre lönsam.

En kvalitativ studie där chaufförer av bilarna intervjuas angående var de tror att problemet kan ligga hade kunnat ge en tydligare bild om varför regionen har lägre lastfyllnads- och lastkörningsgrad samt om det finns delar i verksamheten som leder till bortfall i aktiv arbetstid. En annan aspekt är chaufförernas erfarenhet och trivsel i arbetet. Många av variablerna samvarierar enligt PCA-analysen och korrelationstabellerna. I sin tur indikerar detta att bilar som har höga värden i ett nyckeltal har höga värden även i andra nyckeltal. Erlandsson (2008) beskriver att chaufförers uppfattningar gällande problemsituationer har samband mellan varandra. De som har en negativ uppfattning om något har det även gällande andra och tvärtom. Även om uppfattningen inte är en aspekt som denna studie behandlar syns ett liknande mönster genom nyckeltalens korrelation med varandra trots att de i flera fall saknar kausala samband.

Med tanke på variationen i arbetad tid mellan bilarna hade en kvantifiering av lastfyllnadsgrad, lastkörningsgrad och arbetad tid på bilarnas kostnader och nettomarginal hade också varit intressant att göra. Kostnadsposter som chaufförerna har en möjlighet att påverka genom sitt arbete hade kunnat inkluderas för att standardisera processen till åkaren och en representation av hur bilen måste kompensera för underskott i sin verksamhet beroende på arbetad tid, lastfyllnads- och lastkörningsgrad hade kunnat fastställas.

Väntetid vid inmätning var en variabel där underlaget inte var tillräckligt för att kvantifiera tiden som spenderas vid leverans till en mottagningsplats. Anledningen är att lossningstiden, som utgör en betydande del av tiden spenderad vid industrin (Nurminen & Heinonen 2007), inte redovisas. Nurminen & Heinonen (2007) beskriver i sin tidsåtgångsmodell att lossningstiden är 34,93 minuter i genomsnitt.

Ingen av bilarna kom upp i en genomsnittlig väntetid på så mycket, vilket är förväntat då lossningstiden inte är inräknad. Att behandla tidsåtgången enligt Nurminen och Heinonens modell ansågs inte rimligt då de enbart har en fast tidsåtgång vilket inte hade fångat upp skillnader i mottagningsplatsernas lossningstider eller variationer mellan bilarna. För att göra en rättvis behandling av tiden vid inmätning hade lossningstiden behövt redovisas för varje lass. I kombination med tid vid inmätning hade detta kunnat ge siffror för tid vid inmätning på varje lass.

## 4.5 Slutsatser

Utifrån resultaten i denna studie kan följande slutsatser dras för kranbilar med en högsta tillåten totalvikt på 70 ton:

- Arbetad tid, lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad har var för sig en stark påverkan på intäkterna vid rundvirkestransporter. I denna studie hade variablerna förklaringsgrader på 84,13%, 46,2% respektive 28,3%.
- Arbetad tid, lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad är tillsammans helt avgörande för intäkterna. I denna studie kunde 97,2% av variationen i intäkter förklaras av de tre variablerna.
- Det förekommer tydliga regionala skillnader. I den här studien utmärkte sig lastbilarna i en av de tre regionerna genom generellt lägre intäkter under perioden än det övriga urvalet. Det som kännetecknade regionen med bortfall i intäkter var generellt låga värden på lastfyllnadsgrad och lastkörningsgrad, viktandel på bärighetsklass 2, 3 och 4. Vägnätet dominerades således av vägklass 1 med högsta tillåten totalvikt på 64 ton. Detta i kombination med ett högt medeltransportavstånd och medelpris/grundpris.
- Vägnätets bärighet spelar roll för effektiviteten. Den påverkan vägnätets standard faktiskt har kräver en mer korrekt redovisning av bärighetsklasser kopplat till leveranserna för att en kvantitativ slutsats gällande vägnätets påverkan ska kunna dras.

## Referenser

- Asmoarp, V. & von Hofsten, H. (2019). *Rätt antal axlar på virkesfordonet ger fulla lass.* (ETT-projektet, 1031–2019). Skogforsk. [https://www.skogforsk.se/cd\\_20191107104831/contentassets/836a9edbc1e4fe2bb9fdd566a930c22/arbetsrapport-1031-2019.pdf](https://www.skogforsk.se/cd_20191107104831/contentassets/836a9edbc1e4fe2bb9fdd566a930c22/arbetsrapport-1031-2019.pdf) [2024-01-14]
- Biometria (n.d.a). *Krönt Vägval* - Biometria. <https://www.biometria.se/tjanster/transport/kroent-vaegval-och-skogsbilvaegar/kroent-vaegval/> [2024-03-04]
- Biometria (n.d.b). *VIOL* - Biometria. <https://www.biometria.se/tjanster/redovisning/redovisning-av-raavaruaffaeren/viol/> [2024-02-20]
- BioTuring Team (2018). How to read PCA biplots and scree plots. <https://bioturing.medium.com/how-to-read-pca-biplots-and-scree-plots-186246aae063> [2024-03-06]
- Dietrichson, J. & Jensen, C. (2010). *Hallsta Pappersbruks virkesförsörjning.* Sveriges Lantbruksuniversitet. Jägmästarprogrammet. [https://stud.epsilon.slu.se/1486/1/Dietrichson\\_J\\_Jensen\\_C\\_100628.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/1486/1/Dietrichson_J_Jensen_C_100628.pdf)
- Eliasson, L. (2023). *Skogsbrukets kostnader och intäkter 2022.* <https://www.skogforsk.se:443/kunskap/kunskapsbanken/2023/skogsbruket-s-kostnader-och-intakter-2022/> [2023-09-27]
- Erlandsson, E. (2008). *Framgångsfaktorer för rundvirkesåkerier i Mellansverige.* Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning. [https://stud.epsilon.slu.se/12213/1/erlandsson\\_e\\_171102.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/12213/1/erlandsson_e_171102.pdf)
- Grege-Staltmane, E. (2010). *Standing timber prices and factors which affect them.* Latvia University of Agriculture. Forest Faculty, Woodworking department. [https://www.iufro.org/download/file/7432/1766/casablanca10-grege-staltmane\\_pdf/](https://www.iufro.org/download/file/7432/1766/casablanca10-grege-staltmane_pdf/)
- IBM (2023). *What is principal component analysis?* | IBM. <https://www.ibm.com/topics/principal-component-analysis> [2024-02-18]
- Lindström, J. (2010). *Kartläggning av ruttplaneringsprocesser för rundvirkestransporter.* Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning. [https://stud.epsilon.slu.se/1733/1/Lindstrom\\_J100707.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/1733/1/Lindstrom_J100707.pdf)
- Minitab (2023). *Overview for Box-Cox Transformation.* <https://support.minitab.com/en-us/minitab/21/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/how-to/box-cox-transformation/before-you-start/overview/> [2024-03-19]
- Noreland, D. (2020). *HCT-fordon för rundvirkestransporter - är det en lönsam investering?* (ETT-projektet, 1065–2020). Skogforsk. [https://www.skogforsk.se/cd\\_20210107141246/contentassets/3e3ac1ac1a4d449b8a9ff59ee75698d1/arbetsrapport-1065-2020.pdf](https://www.skogforsk.se/cd_20210107141246/contentassets/3e3ac1ac1a4d449b8a9ff59ee75698d1/arbetsrapport-1065-2020.pdf) [2024-03-19]
- Nurminen, T. & Heinonen, J. (2007). Characteristics and time consumption of timber trucking in Finland. *Silva Fennica*, 41 (3), 471–487. <https://www.silvafennica.fi/article/284> [2023-11-01]

- Palm, E. & Werme, B. (2014). *Mer om koordinater. Havs- och vattenmyndigheten.*  
<https://www.havochvatten.se/data-kartor-och-rapporter/kartor-och-gis/mer-om-koordinater.html> [2024-02-23]
- QGIS (2024). 27.1.15. Vector analysis — QGIS documentation.  
[https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/user\\_manual/processing\\_algs/qgis/vectoranalysis.html#distance-matrix](https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/user_manual/processing_algs/qgis/vectoranalysis.html#distance-matrix) [2024-02-23]
- Skogsindustrierna (2023). *Transport och infrastruktur - Skogsindustrierna.*  
<https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/branschstatistik/transport-och-infrastruktur/> [2023-09-27]
- Skogskunskap (2024). *Ordlista.*  
<https://www.skogskunskap.se:443/ordlista/m/mfub/> [2024-03-19]
- Södra skogsägarna (2023). *Hur fungerar Södra.*  
<https://www.sodra.com/sv/se/skog-medlem/medlem-i-sodra/hur-fungerar-sodra/> [2023-10-12]
- Strand, E. (2019). *Påverkan av leveransavisering och transportöravlämning på tidsåtgång för mottagningskontroll inför fjärrmätning.* Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens biomaterial och teknologi.  
[https://stud.epsilon.slu.se/15413/7/strand\\_e\\_200311.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/15413/7/strand_e_200311.pdf)
- Sveriges Åkeriföretag (2022). *ÅKERINÄRINGEN MED VERKSAMHETSOMRÅDEN - NYCKELTAL FÖR LÖNSAMHET OCH TILLVÄXT -. 7 (1).* [https://www.akeri.se/sites/default/files/2022-10/NYCKELTALSUNDERS%3%96KNING\\_2022\\_final.pdf](https://www.akeri.se/sites/default/files/2022-10/NYCKELTALSUNDERS%3%96KNING_2022_final.pdf)
- Widinghoff, J. (2014). *Kontinuerlig uppföljning av drivmedelsförbrukning och lastfyllnadsgrad för ETT- och ST-fordon.* (ETT-projektet, 831–2014).  
[https://www.skogforsk.se/cd\\_20190114161903/contentassets/2afbd2c552cc48cd8ff95513be934c4c/kontinuerlig-uppfoljning-av-drivmedelsforbrukning-och-lastfyllnadsgrad-for-ett--och-st-fordon.pdf](https://www.skogforsk.se/cd_20190114161903/contentassets/2afbd2c552cc48cd8ff95513be934c4c/kontinuerlig-uppfoljning-av-drivmedelsforbrukning-och-lastfyllnadsgrad-for-ett--och-st-fordon.pdf)
- Yale University (1999). Linear Regression. Department of Statistics and Data Science. <http://www.stat.yale.edu/Courses/1997-98/101/linreg.htm> [2024-02-08]

## Bilaga 1 – Korrelationsmatris i sin helhet

Sample 1	Sample 2	N	Correlation	95% CI for p	P-Value
Lastfyllnadsgrad	Medeltrp	22	-0,112	(-0,509; 0,325)	0,621
Inkörningsförmåga	Medeltrp	22	0,106	(-0,330; 0,505)	0,639
Lastkörningsgrad	Medeltrp	22	-0,143	(-0,532; 0,297)	0,526
Arbetad tid	Medeltrp	22	0,089	(-0,346; 0,492)	0,695
Andel BK4	Medeltrp	22	-0,352	(-0,673; 0,082)	0,109
Intäkter	Medeltrp	22	0,114	(-0,323; 0,511)	0,614
Lastvikt	Medeltrp	22	-0,179	(-0,559; 0,262)	0,425
Körda mil	Medeltrp	22	0,321	(-0,117; 0,654)	0,146
Lastkörd sträcka	Medeltrp	22	0,260	(-0,182; 0,614)	0,243
Andel BK2 och 3	Medeltrp	22	-0,245	(-0,605; 0,196)	0,271
Medelpris/grundpris	Medeltrp	22	0,871	(0,710; 0,945)	0,000
Taravikt	Medeltrp	22	0,299	(-0,140; 0,640)	0,176
Antal transporterade lass	Medeltrp	22	-0,271	(-0,621; 0,170)	0,223
Tid vid inmätning	Medeltrp	22	-0,178	(-0,558; 0,263)	0,428
Andel flera avlägg	Medeltrp	22	-0,280	(-0,628; 0,160)	0,206
Inkörningsförmåga	Lastfyllnadsgrad	22	0,778	(0,531; 0,903)	0,000
Lastkörningsgrad	Lastfyllnadsgrad	22	0,671	(0,347; 0,851)	0,001
Arbetad tid	Lastfyllnadsgrad	22	0,452	(0,038; 0,734)	0,034
Andel BK4	Lastfyllnadsgrad	22	0,028	(-0,398; 0,444)	0,902
Intäkter	Lastfyllnadsgrad	22	0,680	(0,362; 0,856)	0,001
Lastvikt	Lastfyllnadsgrad	22	0,983	(0,959; 0,993)	0,000
Körda mil	Lastfyllnadsgrad	22	0,401	(-0,025; 0,704)	0,064
Lastkörd sträcka	Lastfyllnadsgrad	22	0,510	(0,112; 0,767)	0,015
Andel BK2 och 3	Lastfyllnadsgrad	22	0,068	(-0,364; 0,476)	0,765
Medelpris/grundpris	Lastfyllnadsgrad	22	-0,223	(-0,589; 0,219)	0,319

Taravikt	Lastfyllnadsgrad	22	0,411	(-0,012; 0,710)	0,057
Antal transporterade lass	Lastfyllnadsgrad	22	0,585	(0,217; 0,808)	0,004
Tid vid inmätning	Lastfyllnadsgrad	22	-0,321	(-0,654; 0,117)	0,145
Andel flera avlägg	Lastfyllnadsgrad	22	0,079	(-0,355; 0,484)	0,727
Lastkörningsgrad	Inkörningsförmåga	22	0,822	(0,612; 0,923)	0,000
Arbetad tid	Inkörningsförmåga	22	0,520	(0,126; 0,772)	0,013
Andel BK4	Inkörningsförmåga	22	0,022	(-0,403; 0,440)	0,922
Intäkter	Inkörningsförmåga	22	0,797	(0,565; 0,912)	0,000
Lastvikt	Inkörningsförmåga	22	0,787	(0,548; 0,908)	0,000
Körda mil	Inkörningsförmåga	22	0,599	(0,237; 0,815)	0,003
Lastkörd sträcka	Inkörningsförmåga	22	0,720	(0,429; 0,876)	0,000
Andel BK2 och 3	Inkörningsförmåga	22	0,355	(-0,078; 0,676)	0,105
Medelpris/grundpris	Inkörningsförmåga	22	0,040	(-0,389; 0,454)	0,861
Taravikt	Inkörningsförmåga	22	0,209	(-0,233; 0,579)	0,351
Antal transporterade lass	Inkörningsförmåga	22	0,676	(0,356; 0,854)	0,001
Tid vid inmätning	Inkörningsförmåga	22	-0,155	(-0,541; 0,286)	0,492
Andel flera avlägg	Inkörningsförmåga	22	0,165	(-0,276; 0,548)	0,464
Arbetad tid	Lastkörningsgrad	22	0,230	(-0,212; 0,594)	0,302
Andel BK4	Lastkörningsgrad	22	0,171	(-0,270; 0,553)	0,448
Intäkter	Lastkörningsgrad	22	0,532	(0,142; 0,779)	0,011
Lastvikt	Lastkörningsgrad	22	0,734	(0,452; 0,883)	0,000
Körda mil	Lastkörningsgrad	22	0,244	(-0,198; 0,603)	0,275
Lastkörd sträcka	Lastkörningsgrad	22	0,428	(0,007; 0,720)	0,047
Andel BK2 och 3	Lastkörningsgrad	22	0,388	(-0,040; 0,696)	0,074
Medelpris/grundpris	Lastkörningsgrad	22	-0,188	(-0,565; 0,253)	0,402
Taravikt	Lastkörningsgrad	22	-0,096	(-0,498; 0,339)	0,671
Antal transporterade lass	Lastkörningsgrad	22	0,492	(0,089; 0,757)	0,020
Tid vid inmätning	Lastkörningsgrad	22	-0,092	(-0,494; 0,343)	0,685
Andel flera avlägg	Lastkörningsgrad	22	0,280	(-0,161; 0,627)	0,207
Andel BK4	Arbetad tid	22	0,249	(-0,193; 0,607)	0,263
Intäkter	Arbetad tid	22	0,917	(0,808; 0,965)	0,000
Lastvikt	Arbetad tid	22	0,407	(-0,018; 0,707)	0,060
Körda mil	Arbetad tid	22	0,950	(0,880; 0,979)	0,000
Lastkörd sträcka	Arbetad tid	22	0,932	(0,841; 0,972)	0,000
Andel BK2 och 3	Arbetad tid	22	-0,003	(-0,424; 0,419)	0,989



Medelpris/grundpris	Arbetad tid	22	0,238	(-0,204; 0,599)	0,286
Taravikt	Arbetad tid	22	0,376	(-0,054; 0,688)	0,085
Antal transporterade lass	Arbetad tid	22	0,884	(0,738; 0,951)	0,000
Tid vid inmätning	Arbetad tid	22	0,015	(-0,409; 0,434)	0,948
Andel flera avlägg	Arbetad tid	22	0,444	(0,027; 0,729)	0,039
Intäkter	Andel BK4	22	0,143	(-0,297; 0,532)	0,527
Lastvikt	Andel BK4	22	0,086	(-0,348; 0,490)	0,704
Körda mil	Andel BK4	22	0,096	(-0,340; 0,497)	0,672
Lastkörd sträcka	Andel BK4	22	0,154	(-0,286; 0,541)	0,493
Andel BK2 och 3	Andel BK4	22	-0,170	(-0,552; 0,271)	0,450
Medelpris/grundpris	Andel BK4	22	-0,018	(-0,436; 0,407)	0,937
Taravikt	Andel BK4	22	-0,280	(-0,627; 0,161)	0,207
Antal transporterade lass	Andel BK4	22	0,364	(-0,069; 0,681)	0,096
Tid vid inmätning	Andel BK4	22	0,010	(-0,413; 0,430)	0,963
Andel flera avlägg	Andel BK4	22	0,635	(0,292; 0,834)	0,001
Lastvikt	Intäkter	22	0,640	(0,300; 0,836)	0,001
Körda mil	Intäkter	22	0,921	(0,817; 0,967)	0,000
Lastkörd sträcka	Intäkter	22	0,968	(0,924; 0,987)	0,000
Andel BK2 och 3	Intäkter	22	0,111	(-0,326; 0,509)	0,622
Medelpris/grundpris	Intäkter	22	0,170	(-0,271; 0,552)	0,450
Taravikt	Intäkter	22	0,418	(-0,004; 0,714)	0,053
Antal transporterade lass	Intäkter	22	0,903	(0,778; 0,960)	0,000
Tid vid inmätning	Intäkter	22	-0,099	(-0,500; 0,337)	0,662
Andel flera avlägg	Intäkter	22	0,333	(-0,103; 0,662)	0,129
Körda mil	Lastvikt	22	0,341	(-0,094; 0,667)	0,121
Lastkörd sträcka	Lastvikt	22	0,465	(0,055; 0,742)	0,029
Andel BK2 och 3	Lastvikt	22	0,147	(-0,292; 0,536)	0,513
Medelpris/grundpris	Lastvikt	22	-0,274	(-0,624; 0,167)	0,217
Taravikt	Lastvikt	22	0,237	(-0,205; 0,599)	0,287
Antal transporterade lass	Lastvikt	22	0,584	(0,216; 0,807)	0,004
Tid vid inmätning	Lastvikt	22	-0,257	(-0,613; 0,184)	0,247
Andel flera avlägg	Lastvikt	22	0,147	(-0,292; 0,536)	0,513
Lastkörd sträcka	Körda mil	22	0,979	(0,948; 0,991)	0,000

Andel BK2 och 3	Körda mil	22	0,011	(-0,413; 0,431)	0,961
Medelpris/grundpris	Körda mil	22	0,417	(-0,006; 0,713)	0,054
Taravikt	Körda mil	22	0,431	(0,012; 0,722)	0,045
Antal transporterade lass	Körda mil	22	0,795	(0,562; 0,911)	0,000
Tid vid inmätning	Körda mil	22	-0,012	(-0,431; 0,412)	0,959
Andel flera avlägg	Körda mil	22	0,321	(-0,116; 0,654)	0,145
Andel BK2 och 3	Lastkörd sträcka	22	0,078	(-0,355; 0,484)	0,730
Medelpris/grundpris	Lastkörd sträcka	22	0,353	(-0,080; 0,674)	0,107
Taravikt	Lastkörd sträcka	22	0,387	(-0,041; 0,695)	0,075
Antal transporterade lass	Lastkörd sträcka	22	0,848	(0,664; 0,935)	0,000
Tid vid inmätning	Lastkörd sträcka	22	-0,035	(-0,450; 0,393)	0,878
Andel flera avlägg	Lastkörd sträcka	22	0,357	(-0,076; 0,677)	0,103
Medelpris/grundpris	Andel BK2 och 3	22	-0,224	(-0,590; 0,218)	0,316
Taravikt	Andel BK2 och 3	22	-0,375	(-0,688; 0,056)	0,086
Antal transporterade lass	Andel BK2 och 3	22	0,221	(-0,222; 0,588)	0,324
Tid vid inmätning	Andel BK2 och 3	22	0,630	(0,284; 0,831)	0,002
Andel flera avlägg	Andel BK2 och 3	22	0,155	(-0,285; 0,542)	0,490
Taravikt	Medelpris/grundpris	22	0,183	(-0,258; 0,562)	0,414
Antal transporterade lass	Medelpris/grundpris	22	-0,121	(-0,516; 0,317)	0,592
Tid vid inmätning	Medelpris/grundpris	22	0,046	(-0,383; 0,459)	0,839
Andel flera avlägg	Medelpris/grundpris	22	0,046	(-0,383; 0,459)	0,838
Antal transporterade lass	Taravikt	22	0,195	(-0,247; 0,570)	0,384
Tid vid inmätning	Taravikt	22	-0,421	(-0,715; 0,001)	0,051
Andel flera avlägg	Taravikt	22	-0,315	(-0,650; 0,123)	0,153
Tid vid inmätning	Antal transporterade lass	22	0,050	(-0,380; 0,462)	0,825
Andel flera avlägg	Antal transporterade lass	22	0,515	(0,119; 0,770)	0,014
Andel flera avlägg	Tid vid inmätning	22	0,479	(0,072; 0,749)	0,024