

# Utvärdering av en försörjningskedjas flexibilitet och förmåga att hantera volymökningar

En fallstudie av Trafikverkets materialförsörjning  
av räler

Av

Mattias Hamberg

Axel Ryding



**LUNDS**  
UNIVERSITET



# Förord

Detta examensarbete är resultatet av 20 veckors arbete och är den avslutande delen av vår utbildning till Civilingenjör inom Industriell Ekonomi. Studien har utförts på Institutionen för Teknisk Ekonomi och Logistik vid Lunds Universitet i samarbete med Trafikverket. Vi vill passa på att tacka våra handledare som stöttat oss under vårt arbete samt familj och vänner som funnits nära under vår studietid. Vidare vill vi även passa på att tacka samtliga kontaktade och intervjuade under studiens gång.

Lund, januari 2018

---

Mattias Hamberg

---

Axel Ryding

# Abstract

|                           |  |
|---------------------------|--|
| <b>Title</b>              | <i>Evaluation of a supply chain's flexibility and the ability to manage larger volumes of demand – A case study of the supply chain of rails within Trafikverket</i>   |
| <b>Authors</b>            | Mattias Hamberg<br>Axel Ryding   |
| <b>Supervisors</b>        | Andreas Norrman, Department of Industrial Management and Logistics, Lund University<br>Sofia Elfving, Trafikverket<br>Niklas Aldin, Trafikverket   |
| <b>Background</b>         | Trafikverket is expecting increased funding in order to expand and upgrade the Swedish railway. Because of this Trafikverket is forecasting the demand of rails to increase and is in need of increasing their supply chain flexibility in order to handle larger volumes. |
| <b>Purpose</b>            | The purpose of the study is to identify alternatives in order to increase the supply chain flexibility and improve the ability to cope with an increased level of demand.  |
| <b>Research Questions</b> | What is the need of flexibility in the supply chain and how is this managed?<br><br>What alternatives exist to increase the ability to meet the demand and to cope with an increased level of demand?  |
| <b>Method</b>             | The study was performed as a case study with the Trafikverket's supply chain of rails as the unit of analysis.   |
| <b>Conclusion</b>         | Several alternatives were found in order to increase the supply chain flexibility such as increasing the sourcing routes and modes as well as implementing a new manufacturing method.   |
| <b>Keywords</b>           | Supply Chain Flexibility, Supply Chain Mapping   |

# Sammanfattning

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Titel</b>            | <i>Utvärdering av en försörjningskedjas flexibilitet och förmåga att hantera volymökningar - En fallstudie av Trafikverkets materialförsörjning av räler</i>   |
| <b>Författare</b>       | Mattias Hamberg<br>Axel Ryding   |
| <b>Handledare</b>       | Andreas Norrman, Institutionen för teknisk ekonomi och logistik, Lunds Universitet<br>Sofia Elfving, Trafikverket<br>Niklas Aldin, Trafikverket  |
| <b>Bakgrund</b>         | Trafikverket förväntar sig ökade anslag för att utvidga och rusta upp det svenska järnvägsnätet. I och med detta förväntas efterfrågan av räler öka och Trafikverket är i behov av att utreda alternativ för att öka försörjningskedjans flexibilitet för att hantera dessa ökade volymer. |
| <b>Syfte</b>            | Studiens syfte är att identifiera alternativa åtgärder för materialförsörjningen av räler för att öka försörjningskedjans flexibilitet och förbättra förmågan att hantera en volymökning.  |
| <b>Frågeställningar</b> | Vilka behov av flexibilitet finns i materialförsörjningen av räler och hur hanteras detta?<br><br>Vilka möjliga åtgärder finns för att förbättra Trafikverkets förmåga att tillgodose efterfrågan av räler och hantera en volymökning?   |
| <b>Metod</b>            | Studien är en fallstudie av Trafikverkets försörjningskedja för materialförsörjningen av räler.  |
| <b>Slutsats</b>         | Ett flertal alternativ för en förbättrad flexibilitet i försörjningskedjan utvärderades så som fler transportsätt i försörjningen och införandet av en ny tillverkningsmetod.  |
| <b>Nyckelord</b>        | Flexibilitet i försörjningskedjor, kartläggning av försörjningskedjor  |

# Innehållsförteckning

|       |                                 |    |
|-------|---------------------------------|----|
| 1     | Introduktion                    | 1  |
| 1.1   | Bakgrund Trafikverket           | 1  |
| 1.2   | Problembeskrivning              | 2  |
| 1.3   | Syfte                           | 2  |
| 1.4   | Frågeställningar                | 2  |
| 1.5   | Fokus och avgränsningar         | 2  |
| 1.6   | Rapportens disposition          | 4  |
| 2     | Metod                           | 5  |
| 2.1   | Metodsynsätt                    | 5  |
| 2.1.1 | Analytiskt synsätt              | 5  |
| 2.1.2 | Systemsynsätt                   | 5  |
| 2.1.3 | Aktörssynsätt                   | 6  |
| 2.1.4 | Studiens methodsynsätt          | 6  |
| 2.2   | Metodval                        | 7  |
| 2.3   | Datainsamlingsmetoder           | 9  |
| 2.3.1 | Intervjuer                      | 9  |
| 2.3.2 | Observationer                   | 9  |
| 2.3.3 | Dokumentstudier och övriga data | 10 |
| 2.4   | Tillvägagångssätt               | 11 |
| 2.4.1 | Planering av studie             | 11 |
| 2.4.2 | Litteraturstudie                | 11 |
| 2.4.3 | Insamling av data               | 12 |
| 2.4.4 | Identifiering av nuläge         | 12 |
| 2.4.5 | Analys                          | 12 |
| 2.4.6 | Rekommendation                  | 12 |
| 2.5   | Studiedesignens kvalitet        | 13 |
| 2.5.1 | Begreppsvaliditet               | 13 |
| 2.5.2 | Intern validitet                | 13 |
| 2.5.3 | Extern validitet                | 14 |
| 2.5.4 | Reliabilitet                    | 14 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3     | Teoretiskt ramverk                                | 15 |
| 3.1   | Logistik i försörjningskedjor                     | 15 |
| 3.1.1 | Förklaring av begrepp                             | 15 |
| 3.1.2 | Logistik som ett system                           | 16 |
| 3.1.3 | Logistiska processer                              | 17 |
| 3.1.4 | Totalkostnad                                      | 18 |
| 3.1.5 | Leveransserviceelement                            | 19 |
| 3.2   | JIT-distribution                                  | 20 |
| 3.3   | Transportsätt                                     | 20 |
| 3.4   | Strategier i utformningen av en försörjningskedja | 22 |
| 3.5   | Kartläggning                                      | 24 |
| 3.6   | Flexibilitet                                      | 24 |
| 3.6.1 | Flexibilitet i försörjningskedjor                 | 25 |
| 3.6.2 | Dimensioner                                       | 27 |
| 3.6.3 | Strategier för ökad flexibilitet                  | 30 |
| 3.6.4 | Strategier för långsiktig volymflexibilitet       | 31 |
| 3.7   | Upprampning av produktion                         | 32 |
| 4     | Empiri  | 34 |
| 4.1   | Organisation                                      | 34 |
| 4.2   | Järnvägsprojekt                                   | 36 |
| 4.3   | Räler   | 37 |
| 4.4   | Användning av räler i järnvägsprojekt             | 38 |
| 4.5   | Försörjningsnätverk                               | 39 |
| 4.5.1 | Leverantörer och transportsätt                    | 39 |
| 4.5.2 | Materialservice                                   | 40 |
| 4.5.3 | Beställare  | 41 |
| 4.5.4 | Speditörer  | 42 |
| 4.6   | Försörjningsprocessen                             | 42 |
| 4.6.1 | Administration – Prognos och beställning          | 42 |
| 4.6.2 | Leveranser från leverantör                        | 44 |
| 4.6.3 | Produktion av långräler                           | 44 |
| 4.6.4 | Lagring   | 45 |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| 4.6.5      | Distribution  | 45  |
| 4.7        | Kostnader i materialförsörjningen                           | 46  |
| 4.8        | Efterfrågan   | 46  |
| 4.8.1      | Volym   | 46  |
| 4.8.2      | Fördelning över året  | 48  |
| 4.8.3      | Framförhållning   | 49  |
| 4.8.4      | Prognos   | 50  |
| 4.9        | Försörjning   | 50  |
| 4.10       | Produktion och distribution                                 | 52  |
| 5          | Analys  | 55  |
| 5.1        | Nulägesanalys   | 55  |
| 5.1.1      | Försörjning   | 55  |
| 5.1.2      | Produktion och distribution                                 | 56  |
| 5.2        | Analys av möjliga åtgärder                                  | 59  |
| 5.2.1      | Användning av alternativt transportsätt                     | 59  |
| 5.2.2      | Större beställningskvantiteter                              | 61  |
| 5.2.3      | Decentraliserad försörjningsstruktur                        | 62  |
| 5.2.4      | Ökad användning av direktleveranser                         | 63  |
| 5.3        | Analys av effekter vid volymökning                          | 65  |
| 5.4        | Analys av möjliga åtgärder för att hantera en volymökning   | 68  |
| 5.4.1      | Utökning av långrälsproduktion                              | 68  |
| 5.4.2      | Användning av mobil brännsvets                              | 70  |
| 5.4.3      | Jämförelse av åtgärder                                      | 71  |
| 6          | Slutsats & rekommendation                                   | 74  |
| 6.1        | Besvarande av frågeställningar                              | 74  |
| 6.2        | Rekommendation  | 78  |
| 7          | Referenser  | 79  |
| Appendix A |   | A-1 |
| A.1        | Kvantiteter för koppel                                      | A-1 |
| A.2        | Koppel per heltåg   | A-1 |
| Appendix B |   | B-2 |
| B.1        | Fördelning av beställningskvantitet för långräler 2013-2017 | B-2 |



|                  |  |      |
|------------------|--|------|
| B.2              | Fördelning av beställningskvantitet för rällängd 120 meter 2013-2017 _____   | B-2  |
| B.3              | Fördelning av beställningskvantitet för rällängd 60 meter 2013-2017 _____    | B-3  |
| B.4              | Fördelning av beställningskvantitet för rällängd 40 meter 2013-2017 _____    | B-3  |
| B.5              | Fördelning av beställningskvantitet för rällängd 20 meter 2013-2017 _____    | B-4  |
| Appendix C _____ |  | C-5  |
| C.1              | Fördelning av total beställd volym per vecka 2013-2017 _____                 | C-5  |
| C.2              | Fördelning av totala antalet beställningar per vecka 2013-2017 _____         | C-5  |
| C.3              | Fördelning av beställd volym per vecka 2013-2017 för långräler _____         | C-5  |
| C.4              | Fördelning av antalet beställningar per vecka 2013-2017 för långräler _____  | C-5  |
| C.5              | Fördelning av beställd volym per vecka 2013-2017 för korträler _____         | C-6  |
| C.6              | Fördelning av antalet beställningar per vecka 2013-2017 för korträler _____  | C-6  |
| Appendix D _____ |  | D-7  |
| D.1              | Framförhållning vid beställning av 8-meters räler _____                      | D-7  |
| D.2              | Framförhållning vid beställning av 12-meters räler _____                     | D-7  |
| D.3              | Framförhållning vid beställning av 20-meters räler _____                     | D-8  |
| D.4              | Framförhållning vid beställning av 40-meters räler _____                     | D-8  |
| D.5              | Framförhållning vid beställning av 60-meters räler _____                     | D-8  |
| D.6              | Framförhållning vid beställning av 120-meters räler _____                    | D-9  |
| D.7              | Framförhållning vid beställning av långräler _____                           | D-9  |
| Appendix E _____ |  | E-10 |
| E.1              | Lagernivåer för samtliga rälsorter 60-meter 2017 _____                       | E-10 |
| E.2              | Lagernivåer för samtliga rälsorter 60-meter 2016 _____                       | E-10 |
| E.3              | Lagernivåer för samtliga rälsorter 60-meter 2015 _____                       | E-11 |
| E.4              | Lagernivåer för samtliga rälsorter 60-meter 2014 _____                       | E-11 |
| E.5              | Lagernivåer för samtliga rälsorter 60-meter 2013 _____                       | E-12 |
| Appendix F _____ |  | F-13 |
| F.1              | Tidsfördelning mellan olika aktiviteter för produktion och långrälsset _____ | F-13 |
| Appendix G _____ |  | G-14 |
| G.1              | Kostnadsmodell mobilbrännsvets och långrälsproduktion _____                  | G-14 |
| G.2              | Förklaring av modell _____   | G-15 |

# Figurförteckning

|   |    |
|---|----|
| Figur 1 – Systembild med studiens fokus.....                                | 3  |
| Figur 2 - Det analytiska synsättets bild av verkligheten.....               | 5  |
| Figur 3 – Systemsynsättets bild av verkligheten.....                        | 6  |
| Figur 4 – Arbetsgång för mål-medel-orienterad studie.....                   | 7  |
| Figur 5 – Fyra typer av fallstudiedesigner.....                             | 8  |
| Figur 6 – Tillvägagångssättet i studien.....                                | 11 |
| Figur 7 – Illustrering av logistiksystemet i ett försörjningsnätverk.....   | 16 |
| Figur 8 – Illustrering av logistiksystemet i en organisation.....           | 17 |
| Figur 9 – Huvud- och stödprocesser i logistiksystemet.....                  | 17 |
| Figur 10 – Totalkostnadsmodell.....   | 18 |
| Figur 11 - Jämförelse av transportsätt.....                                 | 21 |
| Figur 12 – Matchning av produkt och försörjningskedja.....                  | 23 |
| Figur 13 – Flexibilitetsdimensioner i en försörjningskedja.....             | 28 |
| Figur 14 – Process för upprampning.....                                     | 32 |
| Figur 15 – Fyra strategier för upprampning.....                             | 33 |
| Figur 16 – Trafikverkets organisationsstruktur.....                         | 34 |
| Figur 17 – Inköp och logistiks organisationsstruktur.....                   | 35 |
| Figur 18 – Materialsservices organisationsstruktur.....                     | 35 |
| Figur 19 – Planerade och pågående järnvägsprojekt i Trafikverkets regi..... | 36 |
| Figur 20 – Exempel på profil av vignolräl.....                              | 37 |
| Figur 21 – Försörjningsnätverk av räler.....                                | 39 |
| Figur 22 - Tre bilder över rälsverkstadens anläggning.....                  | 41 |
| Figur 23 – Övergripande materialförsörjningsprocess för räler.....          | 42 |
| Figur 24 – Process för framtagande av initial huvudplan.....                | 43 |

|   |    |
|---|----|
| Figur 25 – Process för hantering av kundorder.....  | 43 |
| Figur 26 – Process för produktion av långräler .....  | 44 |
| Figur 27 – Fördelning av beställningsvolym av rälsorter 2013-2017.....                        | 48 |
| Figur 28 – Fördelning av beställningar per vecka 2013-2017 .....                              | 48 |
| Figur 29 – Fördelning av beställningsvolym per vecka 2013-2017 .....                          | 49 |
| Figur 30 – Lådagram av framförhållning vid olika beställningsvolymmer.....                    | 50 |
| Figur 31 – Fördelning av beställningskvantiteter från leverantör 2013-2017 .....              | 51 |
| Figur 32 – Tidsfördelning mellan olika aktiviteter för långrälsset under året .....           | 54 |
| Figur 33 – Tidsfördelning mellan olika aktiviteter för långrälsset under sommarhalvåret ..... | 54 |
| Figur 34 – Total levererad volym .....  | 64 |
| Figur 35 – Fördelning av genomsnittlig efterfrågan av långräler .....                         | 67 |
| Figur 36 – Kostnad per meter räl för skilda kostnader .....                                   | 72 |
| Figur 37 – Kostnad per meter räl för skilda kostnader .....                                   | 73 |
| Figur 38 – Förslag på framtida försörjningskedja.....   | 78 |

# Tabellförteckning

|  |    |
|--|----|
| Tabell 1 – Sammanställning av metoder baserat på kriterier.....  | 7  |
| Tabell 2 – Kriterier för designkvalitet och tillämpning vid fallstudier.....                             | 13 |
| Tabell 3 – Beskrivning av leveransserviceelement.....  | 19 |
| Tabell 4 – Karakteristik av JIT-leveranser i jämförelse med traditionella leveranser.....                | 20 |
| Tabell 5 – Skillnader i efterfrågan för funktionella och innovativa produkter.....                       | 22 |
| Tabell 6 – Skillnader mellan en materialeffektiv och marknadsresponsiv försörjningskedja.....            | 23 |
| Tabell 7 – Fyra hierarkier av flexibilitet.....  | 27 |
| Tabell 8 – Rälsorternas artikelbeteckning och beskrivning.....   | 37 |
| Tabell 9 – Materialservices sortiment av rällängder.....   | 38 |
| Tabell 10 – Beställningsvolym 2013-2017.....   | 47 |
| Tabell 11 – Genomsnittlig volym per beställning till järnvägsprojekt.....                                | 47 |
| Tabell 12 – Antalet beställningar med olika framförhållning i veckor för olika rällängder 2013-2017..... | 49 |
| Tabell 13 – Prognos för behov av långräler 2019-2022.....  | 50 |
| Tabell 14 – Leveransprecision från leverantörer.....   | 51 |
| Tabell 15 – Fördelning av beställningsvolym mellan lagerleverans och direktleverans 2013-2017.....       | 51 |
| Tabell 16 – Leveransprecision från rälsverkstaden.....   | 52 |
| Tabell 17 – Framförhållning vid beställningar av korträler.....  | 57 |
| Tabell 18 – Effekter vid försörjning med båttransport utan mellanlagring.....                            | 60 |
| Tabell 19 – Effekter vid försörjning med båttransport med mellanlagring.....                             | 60 |
| Tabell 20 – Effekter av försörjning med större beställningskvantiteter.....                              | 62 |
| Tabell 21 – Effekter av en decentraliserad försörjningsstruktur.....                                     | 63 |
| Tabell 22 – Effekter av ökad användning av direktleveranser.....   | 65 |
| Tabell 23 – Effekter av utökning av långrälsproduktion vid volymökning.....                              | 70 |
| Tabell 24 – Effekter av användande av mobil brännsvetsning vid volymökning.....                          | 71 |



# 1 Introduktion

*I kapitlet presenteras bakgrunden till ämnet för studien, Trafikverket, det studerade fallet samt problembeskrivningen. I kapitlet presenteras även studiens syfte, fokus och avgränsningar.*

## 1.1 Bakgrund Trafikverket

Trafikverket är en svensk statlig myndighet som bildades den 1 april 2010, och som i samband med det tog över verksamheterna hos de tidigare myndigheterna Banverket, Vägverket, Rikstrafiken och Rederinämnden. Idag inkorporeras även den långsiktiga planeringen hos Transportstyrelsen och Sjöfartsverket samt en del av den tidigare myndigheten Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA) i Trafikverkets verksamhet.

Myndigheten ansvarar för den långsiktiga infrastrukturplaneringen för vägtrafik, järnvägstrafik, sjöfart och luftfart samt för byggande, drift och underhåll av de statliga vägarna och järnvägarna. I praktiken innebär detta ett ansvar för att skapa ett fungerande transportsystem för samhället där visionen är att: *“alla ska komma fram smidigt, grönt och tryggt”*. Trafikverket strävar med sitt uppdrag efter att skapa maximal samhällsnytta till minsta möjliga kostnad.

För att skapa ett fungerande transportsystem arbetar Trafikverket med att identifiera brister i transportsystemet samt vilka åtgärder som behövs. Åtgärderna sammanställs i ett förslag till *Nationell plan för transportsystemet* vilken tas fram av Trafikverket utifrån direktiv från regeringen. Den nationella planen uppdateras vart fjärde år efter godkännande från Riksdagen. Efter beslut om planens godkännande är det Trafikverkets uppgift att se till att åtgärderna i planen genomförs. Åtgärderna kan innefatta såväl byggandet av nya järnvägar, vägar eller farleder som ombyggnader, drift och underhåll av existerande järnvägsanläggningar.

Vid järnvägsprojekt, det vill säga alla åtgärder som genomförs på järnvägsanläggningar i det statliga järnvägsnätet, ansvarar Trafikverket för tillhandahållandet av *tekniskt godkänt material*. *Tekniskt godkänt material* är en produktkategori vilken till största del består av det material som används vid järnvägsanläggningar. Materialet upphandlas centralt inom Trafikverket av inköpsfunktionen *Inköp och logistik* och tillhandahålls av avdelningen *Materialservice*. Genom att de entreprenörer som utför projekten är bundna till att använda sig av *tekniskt godkänt material* kan Trafikverket försäkra sig om materialets kvalitet samt uppnå skalfördelar i inköpsarbetet. *Materialservice* förbinder sig i sin tur till att leverera materialet i rätt kvantitet till rätt plats vid rätt tidpunkt, för att på så sätt möjliggöra att projekten kan genomföras som planerat. I linje med Trafikverkets övergripande mål att skapa maximal samhällsnytta till minsta möjliga kostnad är målen för materialförsörjningen av *tekniskt godkänt material* att tillgodose materialbehovet, minska totalkostnaden och minska miljöpåverkan.

Denna studie är fokuserad på materialförsörjningen av räler, vilka är de stålskenor som utgör en del av rälsen i järnvägsanläggningen och som är en av de produkterna som ingår i *tekniskt godkänt material*. Av den totala inköpsvolymen av *tekniskt godkänt material* utgörs ungefär en sjättedel av räler.

## 1.2 Problembeskrivning

I förslaget till *Nationell plan för transportsystemet 2018-2029* uppgår den finansiella ramen till 622 miljarder SEK, vilket innebär en ökning på cirka 20 % i jämförelse med tidigare plan. En betydande andel av detta anslag är avsett för järnvägsprojekt och den planerade ökningen av antalet järnvägsprojekt är den huvudsakliga anledningen till att anslaget har höjts. I planen ingår på kort sikt ett större antal projekt vilka syftar till att rusta upp befintlig järnväg, samt på lång sikt ett flertal stora investeringsprojekt för utbyggnad av järnvägsnätet. I och med att fler järnvägsprojekt genomförs, ökar behovet av *tekniskt godkänt material*. Det ökade antalet järnvägsprojekt förväntas kunna leda till en markant volymökning för vissa typer av räler. Detta ställer i sin tur krav på en väl fungerande materialförsörjning med kapacitet att hantera den planerade volymökningen.

Vid ett järnvägsprojekt förses projektet med räler i olika längder vilka sedan svetsas samman för att färdigställa spåret i järnvägsanläggningen. I dagsläget levereras rälerna antingen med direktleverans från leverantör eller via Trafikverkets rälsverkstad. *Rälsverkstaden* innehåller brännsvetsproduktion för tillverkning av så kallade *långräler* men fungerar även som ett centrallager för kortare räler. Materialförsörjningen präglas till stor del av de speciella förutsättningar vilka till stor del kan härledas till produktens speciella karakteristik. I många järnvägsprojekt föredras användandet av långräler, vilka tillhandahålls i längder upp till 420 meter, eftersom det minskar antalet svetsningar som måste genomföras i järnvägsanläggningen. Användandet av långräler ställer dock stora krav på specialanpassad hanteringsutrustning och transportfordon. Dessutom påverkas materialförsörjningen av att efterfrågemönstret är starkt säsongsbetonat, då järnvägsprojekt till största del genomförs under sommarhalvåret. Behovet av specialutrustning och den koncentrerade efterfrågan ger upphov till kapacitetsbegränsningar och ställer krav på lång framförhållning vid beställning och noggrann produktionsplanering.

På grund av den förväntade volymökning finns det anledning att utreda vilka möjligheter som finns till att öka flexibiliteten i försörjningskedjan för att bättre kunna tillgodose efterfrågan.

## 1.3 Syfte

Studiens syfte är att identifiera alternativa åtgärder för materialförsörjningen av räler för att öka försörjningskedjans flexibilitet och förbättra förmågan att hantera en volymökning.

## 1.4 Frågeställningar

De frågeställningar som studien ämnar besvara är:

1. Vilka behov av flexibilitet finns för materialförsörjningen av räler och hur hanteras detta?
2. Vilka möjliga åtgärder finns för att förbättra Trafikverkets förmåga att tillgodose efterfrågan av räler och hantera en volymökning?

## 1.5 Fokus och avgränsningar

Den huvudsakliga inriktningen för studien är materialförsörjningen av räler till Trafikverkets järnvägsprojekt. Studien är avgränsad till att studera materialflödet av de fyra sorters av räler vilka ingår i *Materialservice* standardsortiment som försörjs via *rälsverkstaden*. Dessa rälsorter utgör den absolut största volymandelen av materialflödet. Vidare studeras enbart materialflödet nedströms, vilket innebär att returflöden samt flöden av räler ur tidigare sortiment inte kommer att inkluderas. Gällande orderdata presenterad i empirin används data insamlad från 2013 till och med vecka 46, 2017.





## 1.6 Rapportens disposition

### **Kapitel 1: Introduktion**

Kapitlet ger en introduktion till Trafikverket samt problembeskrivningen, studiens syfte, frågeställningar och avgränsningar.

### **Kapitel 2: Metod**

Kapitlet beskriver studiens metod och tillvägagångssätt. I kapitlet beskrivs och motiveras val av methodsynsätt, metodval och datainsamlingsmetoder samt tillvägagångssättet. Slutligen diskuteras studiedesignens kvalitet.

### **Kapitel 3: Teoretiskt Ramverk**

Kapitlet innehåller resultatet av den litteraturstudie vilken genomfördes under studien vilket bildar ett teoretiskt ramverk. Det teoretiska ramverket innehåller definitioner och beskrivningar av centrala begrepp inom ämnesområdena logistik och supply chain management, samt beskrivningar av vissa koncept inom dessa områden vilka är av intresse med anledning av det studerade fallet. En stor del av det teoretiska ramverket består av teori kring de ämnen vilka är centrala för studien, vilket innefattar flexibilitet i försörjningskedjor, långsiktig volymflexibilitet och upprampning.

### **Kapitel 4: Empiri**

I kapitlet ges en beskrivning av omständigheter och faktorer vilka är relevanta i det studerade fallet. För att skapa en förståelse för materialförsörjningen beskrivs logistiksystemets aktörer, flöden och processer samt data gällande efterfråga, försörjning, tillverkning och distribution.

### **Kapitel 5: Analys**

Kapitlet kombinerar teori och empiriska data för att först analysera nuläget och konsekvenser av en volymökning i efterfrågan. Vidare diskuteras alternativ för öka flexibiliteten samt hantera en volymförändring. Analysen görs med huvudfokus på flexibilitet i försörjningskedjan.

### **Kapitel 6: Slutsats och rekommendation**

I kapitlet besvaras frågeställningarna genom en diskussion kring resultatet från analysen. Vidare ges en rekommendation till Trafikverket.

## 2 Metod

*Kapitlet behandlar teori kring forskningsmetodik samt presenterar de val som har gjorts gällande metodik och metodval för denna studie. Därefter presenteras studiens design och en beskrivning av studiens arbetsgång. Till sist diskuteras författarnas tillvägagångssätt för att säkra studiedesignens kvalitet.*

### 2.1 Metodsynsätt

Gammelgaard (2004) samt Arbnor & Bjerke (1994) beskriver tre synsätt inom forskning; analytiskt synsätt, systemsynsätt och aktörssynsätt. Synsätten grundar sig i olika verklighetsantaganden och valet av metodsynsätt bör därför inte baseras på forskningsfrågorna i sig utan forskarnas syn på verkligheten (Arbnor & Bjerke, 1994).

#### 2.1.1 Analytiskt synsätt

Enligt Arbnor & Bjerke (1994) går det analytiska synsättet ut på att förklara verkligheten objektivt genom att visa på orsakssamband, det vill säga kausalitet. Dessa visas genom att påvisa en viss verkan genom att styrka den med ett antal orsaker. Med ett analytiskt synsätt verifieras eller falsifieras hypoteser genom ett par valda tekniker baserade på redan befintlig teori (Arbnor & Bjerke, 1994). I grunden är synsättet att verkligheten kan bli nedbruten i oberoende delar och att helheten förklaras som summan av sina delar, se Figur 2 (Gammelgaard, 2004). Forskaren inom det analytiska synsättet måste granska forskningsobjekten på avstånd. Det analytiska synsättet är nära besläktat med en objektiv vetenskapssyn och används till största del inom kvantitativa studier (Gammelgaard, 2004).

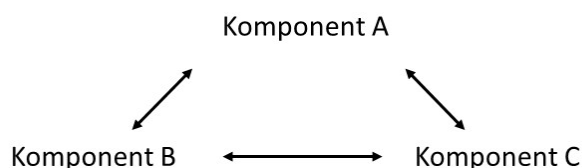
$$\text{Komponent A} + \text{Komponent B} + \text{Komponent C} = \text{Helheten}$$

*Figur 2 - Det analytiska synsättets bild av verkligheten*

#### 2.1.2 Systemsynsätt

Även systemsynsättet grundar sig i en objektiv verklighetssyn med den stora skillnaden från det analytiska synsättet att systemsynsättet inte anser att verkligheten kan delas upp i oberoende delar och att helheten är en summa av dess delar (Arbnor & Bjerke, 1994). Istället anses det att komponenter av helheten är beroende av varandra och tillsammans ger synergieffekter. Summan av helheten blir därför mer, eller mindre, än summan av värdet för varje individuell del, se Figur 3 (Arbnor & Bjerke, 1994). Då forskarens huvudsakliga uppgift är att ge rekommendationer för en förbättring av ett system är det viktigt att de är nära forskningsobjekten (Gammelgaard, 2004). I grunden går systemsynsättet ut på att se ett helhetsperspektiv och istället för att söka orsakssamband söks drivkrafter som påverkar systemets helhet, indikator-effekt-samband (Arbnor & Bjerke, 1994). Enligt Gammelgaard (2004) är användning av fallstudier att föredra inom systemsynsätt.

Komponent A + Komponent B + Komponent C ≠ Helheten



Figur 3 – Systemsynsättets bild av verkligheten: den nedre delen visar hur varje komponent är beroende av varandra och tillsammans bildar ett system

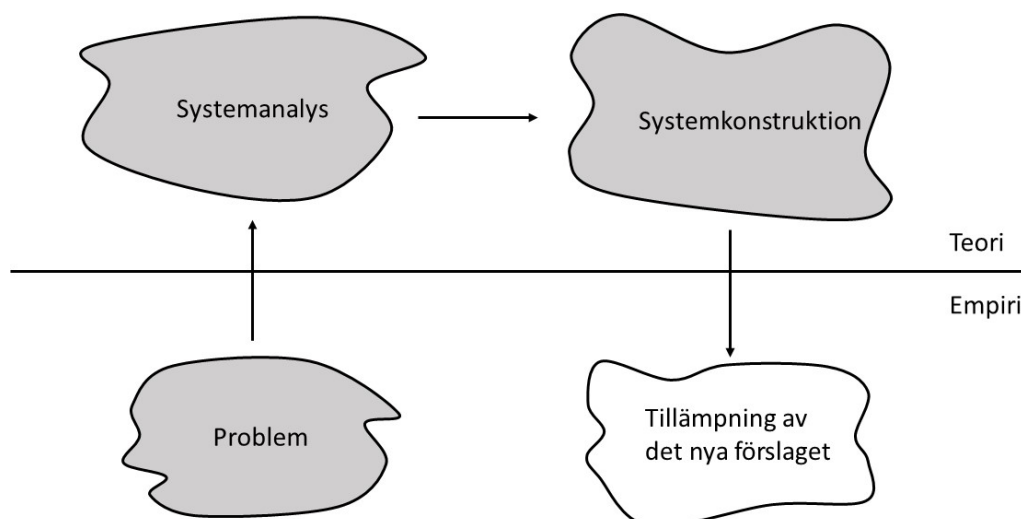
### 2.1.3 Aktörssynsätt

Aktörssynsättet har sin utgångspunkt i att verkligheten inte är objektiv utan ett resultat av sociala konstruktioner (Arbnor & Bjerke, 1994). Synsättet är väldigt kontextuellt och grundar sig i hur verkligheten upplevs och tolkas av olika individer (Arbnor & Bjerke, 1994). Aktörssynsättet hävdar att det inte går att hitta orsakssamband för verkligheten utan att ta hänsyn till människors avsikter (Gammelgaard, 2004). Det är huvudsakligen kvalitativa studier som används för detta synsätt (Gammelgaard, 2004).

### 2.1.4 Studiens metodsynsätt

Enligt författarna är en försörjningskedja för komplex för att enbart kunna förklaras med orsakssamband. Det anses vara viktigt att kunna se och förstå att de olika delarna av nätverket är beroende av varandra och att synergieffekter uppstår beroende på hur de samspelar med varandra. Författarna anser dock att det i vissa fall kan finnas tydliga orsakssamband. Utifrån genomgången av de olika synsätten ansåg författarna att systemsynsättet stämmer bäst överens med deras verklighetssyn och är därför det valda metodsynsättet i studien.

Med ett systemsynsätt är det viktigt att inte enbart granska komponenterna i sig utan granska komponenterna utifrån sitt sammanhang i systemet. Eftersom studien studerar ett öppet system, se Figur 1, är det viktigt att studera systemets relation till systemmiljön som det befinner sig i. Systemet i fråga består av statiska och dynamiska strukturer då det innehåller stabila egenskaper och regelbundna processer för att hantera logistiken av räler. I och med detta har författarna använt sig av ett strukturellt perspektiv för studien. Studien ämnar göra en systemanalys och systemkonstruktion för Trafikverket. Figur 4 visar en mål-medel-orienterad studies arbetsgång enligt Arbnor & Bjerke (1994) med en markering för omfattningen av denna studie.



Figur 4 – Arbetsgång för mål-medel-orienterad studie (Arbnor & Bjerke, 1994) med studiens omfattning markerad i grått

## 2.2 Metodval

Denscombe (2010) betonar vikten av valet av forskningsstrategi eftersom detta påverkar forskningens tillvägagångssätt och resultat. Yin (2006) nämner fem vanliga strategier inom forskning; experiment, arkivanalys, enkäter, historisk studie och fallstudie. Ellram (1996) menar att valet av metod bör baseras på vilken data som används och på vilket sätt denna data analyseras. Denscombe (2010) menar snarare att valet bör baseras på vad forskarna vill uppnå och vilken strategi som anses mest lämplig utifrån det forskningsprojekt de har i åtanke. Yin (2006) tar upp tre kriterier som bör tas i beaktning vid val av metod; vilken slags forskningsfråga som är ställd, om forskaren kan kontrollera händelserna, och om fokus ligger på historiska eller nutida händelser. Sammanställningen av kriterierna för ovan nämnda metoder ses i Tabell 1.

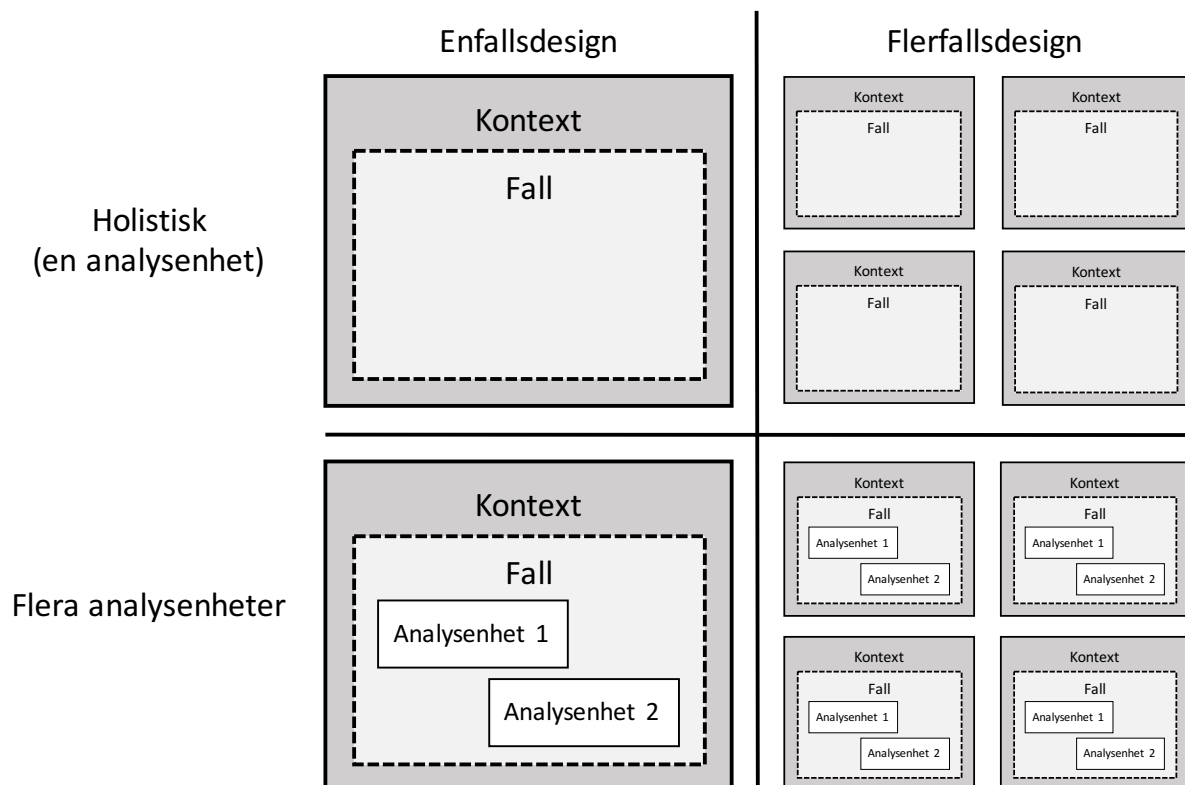
Tabell 1 – Sammanställning av metoder baserat på kriterier (Yin, 2006)

| Forskningsstrategi | Typ av forskningsfråga                | Krävs kontroll av beteendet? | Fokus på aktuella händelser? |
|--------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Experiment         | Hur, varför?                          | Ja                           | Ja                           |
| Enkäter            | Vem, vad, var, hur många, hur mycket? | Nej                          | Ja                           |
| Analys av källor   | Vem, vad, var, hur många, hur mycket? | Nej                          | Ja/nej                       |
| Historisk studie   | Hur, varför?                          | Nej                          | Nej                          |
| Fallstudie         | Hur, varför?                          | Nej                          | Ja                           |

Författarna har i denna studie valt att använda sig av en fallstudie. Syftet med studien ansågs stämma väl överens med Denscombes (2010) beskrivning av möjligheterna med en fallstudie, att förstå komplexa relationer mellan faktorer i ett enskilt sammanhang. I detta fall utgjordes dessa relationer av flöden och processer vilka kopplar samman enheter och anställda inom försörjningskedjan. Vidare ansågs en fallstudie vara lämpligt baserat på de kriterier som Yin (2006) presenterar, vilka visas i Tabell 1. Studien fokuserar på en aktuell händelse då materialförsörjning studeras så som den ser ut idag. Dessutom kan studiens frågeställningar bäst beskrivas som att vara av typen *hur* och *varför*.

Studien utfördes i en naturlig miljö och i en miljö utanför författarnas direkta påverkan vilket är passande för denna forskningsstrategi (Yin, 2006; Denscombe, 2010). För att ytterligare motivera valet av en fallstudie är det den föredragna metoden att använda i kombination med ett systemsynsätt enligt Gammelgaard (2004). Dessutom beskriver Yin (2006) hur en fallstudie är en fördelaktig forskningsstrategi ur synpunkten att flertalet källor kan hanteras, så som dokument och intervjuer medan andra metoder använder sig av enbart en. Författarna ansåg av dessa anledningar att en fallstudie var lämplig för att undersöka dessa frågor.

Yin (2013) identifierar fyra typer av fallstudiedesigner: holistisk enfallsdesign, enfallsdesign med flera analysenheter, holistisk flerfallsdesign samt flerfallsdesign med flera analysenheter. De fyra designerna finns illustrerade i matrisen i Figur 5. Matrisen visar hur varje fall, oavsett design, omges av en kontext som är av intresse att studera då den är sannolik att ha en inverkan på fallet. Vidare visar matrisen hur en flerfallsdesign skiljer sig åt från en enfallsdesign genom att de studerade fallen befinner sig i olika kontexter. Både enfallsdesignen och flerfallsdesignen kan innehålla flera analysenheter. Detta lämpar sig då det inom de valda fallen finns olika enheter som är av intresse att studera i mer detalj. Detta skiljer sig från en holistisk design som studerar fallet i ett större sammanhang.



Figur 5 – Fyra typer av fallstudiedesigner (Yin, 2006)

Enligt Yin (2006) är en flerfallsstudie, när det finns tid och resurser, generellt sett att föredra framför en enfallsstudie. Detta beror huvudsakligen på de betydande analytiska fördelarna som följer med att ha flera fall. De slutsatser som dras ifrån två oberoende fall är mer hållbara än de som dras ifrån ett enda fall. Även resultatens generaliserbarhet ökar vid användandet av en flerfallsdesign (Yin, 2006).

Med begränsade resurser i form av tid och på grund av avsaknaden av jämförbara fall ansåg författarna att en enfallsstudie var mest lämpad. Författarna anser vidare att en holistisk design är bäst lämpad för studien. Enligt Yin (2006) är användandet av en enfallsstudiedesign med flera analysenheter att föredra då syftet är att i detalj studera olika enheter inom en organisation. Även om denna studie involverar flertalet aktörer inom försörjningskedja så ligger fokus huvudsakligen på materialflödet som helhet, snarare än att jämföra de olika delarna. Av denna anledning anses en holistisk fallstudiedesign vara lämplig.

## 2.3 Datainsamlingsmetoder

Det finns enligt Denscombe (2010) fyra sorters metoder som kan användas vid insamling av empiriska data; frågeformulär, intervjuer, observationer och skriftliga källor. Denscombe (2010) anser att intervjuer och observationer är bäst lämpade för en fallstudie men poängterar att detta inte utesluter användandet av andra, eller en kombination av, metoder. I denna fallstudie har intervjuer, observationer samt skriftliga källor i form av dokument och orderdata använts.

### 2.3.1 Intervjuer

En av de viktigaste informationskällorna inom fallstudier är enligt Yin (2006) intervjuer. Även Höst et al. (2006) nämner intervjuer som en av de vanligaste teknikerna för datainsamling vid fallstudier. Det finns huvudsakligen tre sorters intervjuer som kan användas; öppet riktad (ostrukturerad), halvstrukturerad (semi-strukturerade) och strukturerad.

Samtliga intervjuer i studien har varit halvstrukturerade. Halvstrukturerade intervjuer valdes istället för strukturerade intervjuer på grund av att de är mer flexibla och eftersom de ger möjlighet till att nå djupare och fylligare svar (Bell & Bryman, 2003). Fokus på intervjun kan då även anpassas efter viktiga frågor som dyker upp under intervjuens gång och ytterligare intervjuer med samma person kan göras vid behov vilket inte är möjligt i en strukturerad och kvantitativ intervju (Bell & Bryman, 2003). Att ha ett ostrukturerat tillvägagångssätt på intervjuerna uteslöts då intervjuerna hade ett tydligt fokus där vissa områden och frågor behövde besvaras. Författarna ville även begränsa intervjuernas bredd och inte låta intervjupersonen styra diskussionen vilket kan vara följden av ett ostrukturerat tillvägagångssätt (Bell & Bryman, 2003).

Intervjuobjekten valdes för att täcka in så många områden och aktörer inom Trafikverkets materialflöde av räler som möjligt samt täcka in roller på strategiska, taktiska och operationella nivåer. Studiens intervjuobjekt kan ses i referenserna, se kapitel 7. Flera av intervjuobjektens kontaktades vid flertalet tillfällen under studiens gång. För att kunna hantera de stora mängder data som samlades in vid intervjuerna spelades dessa i största möjliga mån in, efter godkännande av intervjuobjekt. Efter intervjuerna sammanställdes de viktigaste punkterna från intervjuerna för att enklare kunna hantera insamlade data.

### 2.3.2 Observationer

Observationer gör det möjligt att inte behöva lägga all tillit till vad personer säger och tänker. Istället ger observationer data genom att forskaren i förstahand ser det med egna ögon. Detta ger forskaren ett distinkt tillvägagångssätt att samla in data och tillskillnad från intervjuer och dokumentstudier som ger data i andra hand. Det finns huvudsakligen två sorters tillvägagångssätt för observationer; systematiska observationer och deltagande observationer (Denscombe, 2010).

- *Systematiska observationer*: Forskaren observerar aktiviteten utifrån. Forskaren riskerar inte själv att påverka systemet men beroende på bland annat forskarens tidigare erfarenheter, när observationerna görs och under hur lång tid kan vilken data som registreras skilja sig från om någon annan gjort observationerna. Det är därför viktigt att ha ett tydligt upplägg på hur observationerna ska utföras.
- *Deltagande observationer*: Forskaren deltar i aktiviteten som ska iakttas. Forskaren kan genom detta få en bättre uppfattning av hur systemet som iakttas fungerar men riskerar att själv påverka systemet och utfallet av observationerna.

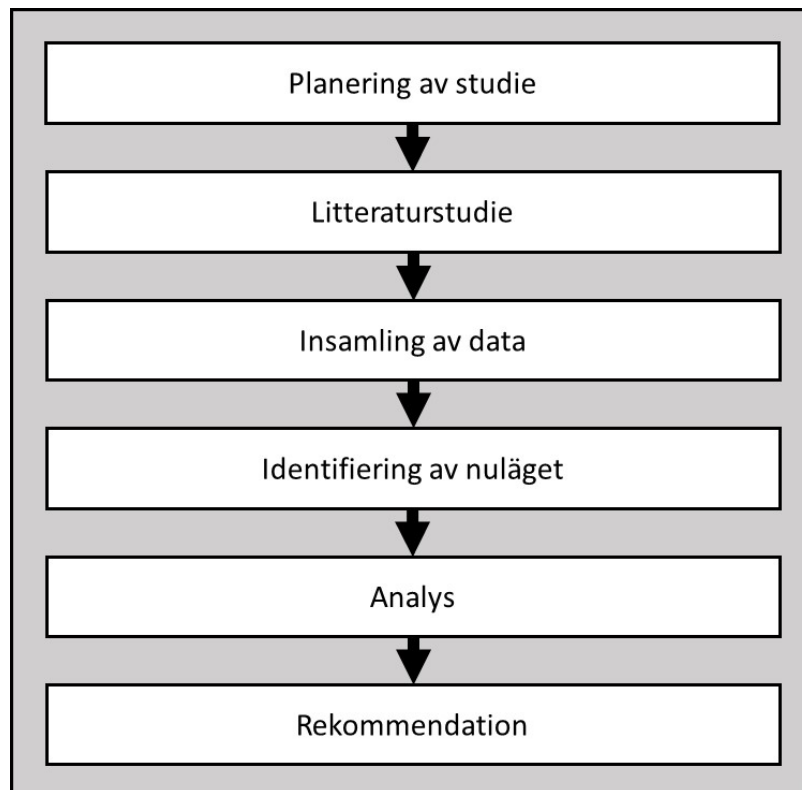
I studien har systematiska observationer gjorts på plats vid Trafikverkets rälsverkstad i Sannahed samt vid *Materialservice* i Nässjö där orderhantering och styrning av materialflödet sköts. Detta för att författarna själva ska kunna skapa en överblick i processer och flöden samt triangulera dessa mot data från intervjuer, dokumentstudier och orderdata.

### 2.3.3 Dokumentstudier och övriga data

Utöver intervjuer har även interna dokument från Trafikverket granskats. Detta för att styrka och triangulera påståenden från intervjuer och observationer, finna information som ej framgick från intervjuer och observationer samt för att skapa en grundläggande förståelse för Trafikverkets verksamhet. Dokumenten har tillgängliggjorts främst via interna dokument på Trafikverkets intranät. I studien har interna dokument om organisation, övergripande mål, nedbrutna mål, produktkategorier, enheter, strategier, huvudprocesser, stödprocesser och flöden använts. Utöver interna dokument tillgängliggjordes även andra data från Trafikverket. Den inkluderade bland annat orderdata från *rälsverkstaden* och *Materialservice* samt sammanställningar av olika mätetal.

## 2.4 Tillvägagångssätt

Målet med detta avsnitt är ge läsaren en god uppfattning om hur studien utfördes. Studien följer sex steg från start till mål, se Figur 6.



*Figur 6 – Tillvägagångssättet i studien*

### 2.4.1 Planering av studie

Studien startade med anledning av ett intresse hos författarna i kombination med ett upplevt behov från Trafikverkets sida att utvärdera nuvarande materialförsörjning av räler. Genom diskussioner mellan författarna och handledarna på Trafikverket bestämdes studiens inriktning och vilka frågeställningar studien ämnade besvara. Med utgångspunkt i frågeställningarna studerades metodik för att bestämma hur studien skulle genomföras.

### 2.4.2 Litteraturstudie

Som en inledande del i arbetet utfördes en litteraturstudie i syfte att skapa ett teoretiskt ramverk samt en grundläggande förståelse för det studerade området. Litteraturstudien baserades på relevanta böcker och vetenskapliga artiklar inom studiens omfång. Den teori som användes ansågs ge en tillräcklig teoretisk grund för att författarna vidare skulle kunna samla in och analysera data inom ramen för studien.



### 2.4.3 Insamling av data

Nästa steg i studien var att samla in data. Data samlades in via intervjuer, observationer, dokumentstudier samt interndata vilka presenterats mer i detalj ovan, se avsnitt 2.3. Målet med att använda flertalet datainsamlingsmetoder var att kunna samla in så heltäckande data som möjligt, både kvantitativ och kvalitativ. Flera datainsamlingsmetoder gav även möjlighet till att validering genom triangulering av data för att säkra kvaliteten. I vissa fall har data från olika metoder eller källor varit motsägande. I dessa fall kontaktade författarna anställda inom Trafikverket för att kunna göra en bättre bedömning om vilken data som ansågs vara mest trovärdig.

### 2.4.4 Identifiering av nuläge

Identifiering av nuläget gjordes genom att sammanställa den data som hade samlats in. Utifrån datainsamlingen kunde en kartläggning göras av försörjningskedjan och dess processer vilka presenteras i empirin, se kapitel 4. Vidare sammanfattades och presenterades även mer kvantitativ data gällande efterfråga, prognoser, försörjning, produktion och distribution. Denna kartläggning och beskrivning av nuvarande situation utgjorde grunden för analysen i studien.

### 2.4.5 Analys

Utifrån att ha identifierat nuläget och med hjälp av det teoretiska ramverket gjordes en analys gällande nuvarande systems flexibilitet och behov av flexibilitet. Analysen utfördes genom att se över områdena försörjning, produktion och distribution där behov av flexibilitet för aktörer inom försörjningskedjan samt påverkan av den förväntade volymökningen diskuterades. Vidare undersöktes hur respektive område hanterar och skulle hantera dessa behov av flexibilitet. Genom denna del av analysen besvarades den första frågeställningen.

Utifrån den gjorda nulägesanalysen identifierades alternativ vilka skulle kunna öka försörjningskedjans flexibilitet med fokus på ovan nämnda områden. Vidare analyserades och diskuterades sedan dessa alternativ för att ge en uppfattning om de faktiska effekterna de skulle innebära för försörjningskedjan och vilka krav på förändringar och investeringar som skulle behöva göras. I och med analysen av alternativ besvarades den andra frågeställningen.

### 2.4.6 Rekommendation

Utifrån analysen gavs en rekommendation till Trafikverket för hur de i framtiden bör agera för att öka sin flexibilitet och hantera volymförändringar i efterfrågan. Vidare summerades slutsatserna från studien genom att sammanfatta svar till samtliga frågeställningar.

## 2.5 Studiedesignens kvalitet

Oavsett om det är en kvantitativ eller kvalitativ fallstudie krävs hög kvalitet på designen av studien för att den ska vara trovärdig (Ellram, 1996; Yin, 2006). Ellram (1996) nämner fyra huvudsakliga områden; begreppsvaliditet, intern validitet, extern validitet och reliabilitet. Yin (2006) nämner samma kriterier och menar att det finns olika taktiker för att klara dem som kan användas i en fallstudie vilka visas i Tabell 2.

Tabell 2 – Kriterier för designkvalitet och tillämpning vid fallstudier (Yin, 2006)

| Kriterier         | Fallstudietillämpning   | Undersökningsfas då tillämpning är aktuell                                   |
|-------------------|---|--|
| Begreppsvaliditet | Använda flera källor<br>Formulera beviskedja<br>Låta viktiga intervjuobjekt läsa igenom utkast            | Datainsamling<br>Datainsamling<br>Sammanställning av rapporten               |
| Intern validitet  | Pattern matching<br>Bygga upp förklaring<br>Ta upp rivaliserande förklaringar<br>Använda logiska modeller | Analysen av data<br>Analysen av data<br>Analysen av data<br>Analysen av data |
| Extern validitet  | Använda teori vid enfallsstudier<br>Använda replikationslogik vid flerfallsstudier                        | Forskningsdesign<br>Forskningsdesign   |
| Reliabilitet      | Använda regelverket för fallstudier<br>Utveckla en databas för fallstudien                                | Datainsamling<br>Datainsamling   |

### 2.5.1 Begreppsvaliditet

Begreppsvaliditet är relaterat till att etablera operationella mått för att kunna mäta fenomenet som studeras och dra korrekta slutsatser utifrån detta tillvägagångssätt (Ellram, 1996; Yin, 2006). Görs inte detta sätts slutsatsers trovärdighet på spel och kritiker till fallstudier nämner ofta att det finns en avsaknad av giltiga operationella mått vilket gör att datainsamlingen baseras på subjektiva bedömningar (Yin, 2006). En metod försäkra sig om detta är att använda sig av flertalet datakällor och genom triangulering ha flera källor som styrker samma slutsats (Ellram, 1996; Yin, 2006). I denna studie har flertal datakällor använts så som intervjuer, dokument, observationer, orderdata med mera. Dessa har i största mån använts i kombination för triangulering. Utöver flertalet datakällor har en tydlig beviskedja försökt att hållas genom hela studien vilket är av stor vikt (Ellram, 1996). Detta genom att spela in intervjuer, om intervjupersonen tillät, samt transkribera ljudfilerna efteråt. Övriga datakällor har också dokumenterats för att styrka det empiriska och sin tur analysen och slutsatserna. Huvudsakliga och viktiga intervjuobjekt har granskat utkastet på rapporten för att undvika felaktiga data.

### 2.5.2 Intern validitet

Intern validitet är enligt Ellram (1996) bara aktuellt för explanativa studier och berör om det är korrekt att dra en slutsats om ett kausalt sammanband eller om orsaken beror på exempelvis externa faktorer eller tillfälliga sammanband (Bell & Bryman, 2003; Yin, 2006). Analysen har försökt att hitta grundläggande orsaker till problem genom en rigid empirisk databas och kopplat dem mot teorin samt diskuterat rivaliserande förklaringar för att hantera den interna validiteten.

### 2.5.3 Extern validitet

Extern validitet behövs för att kunna visa på hur resultat och slutsatser från studien kan generaliseras till andra fall utöver den speciella kontexten som studien genomfördes i (Bell & Bryman, 2003). Då denna studie enbart studerat ett fall går inte generalisering att nå genom att replikera tillvägagångssättet på flera fall och finna mönster som är en metod att nå extern validitet (Ellram, 1996; Yin, 2006). Istället användes en teoretisk bakgrund för att uppnå extern validitet.

### 2.5.4 Reliabilitet

Reliabilitet handlar om att tillvägagångssättet och fallet som forskarna använder sig av ska leda till samma resultat vid utförandet av samma tillvägagångssätt och fall av andra forskare (Ellram, 1996; Yin, 2006). För att försäkra sig om reliabiliteten i studien har den följt ett fallstudieprotokoll med tydlig dokumentation av intervjuer och källmaterial som en databas för studien.

## 3 Teoretiskt ramverk

*Kapitlet presenterar existerande teori vilken ligger till grund för studien. Kapitlet inleds med att redogöra definitioner och förklaring av centrala begrepp inom logistik i försörjningskedjor för att senare presentera områden så som kartläggning och flexibilitet i försörjningskedjor.*

### 3.1 Logistik i försörjningskedjor

I detta avsnitt ges en introduktion till det studerade området, logistik i försörjningskedjor. Inom området existerar det många definitioner vanligt förekommande begrepp. De olika definitionerna skiljer sig åt gällande synsätt och omfattning. På grund av detta beskrivs inledningsvis i detta avsnitt hur begreppen definieras och tolkas i studien.

#### 3.1.1 Förklaring av begrepp

I denna studie används begreppet logistik i enlighet med vad som i många fall benämns logistik i försörjningskedjor (Oskarsson, et al., 2013). Eftersom teorin innehåller olika definitioner av begreppet försörjningskedja (eng. *supply chain*) och begreppets omfattning varierar (Chopra & Meindl, 2013; Cooper, et al., 1997; Mentzer, et al., 2001). Enligt den vanligaste uppfattningen inom teorin sträcker sig försörjningskedjan från råmaterial till slutkonsument (Cooper, et al., 1997). I denna studie används begreppet i enlighet med definitionen av Mentzer et al. (2001):

*“en uppsättning av tre eller fler enheter (organisationer eller individer) direkt involverade i de dubbelriktade flödena av produkter, tjänster, kapital och/eller information från en källa till en kund”* (Mentzer, et al., 2001).

Med detta vidare perspektiv på logistik används ofta termen supply chain management (SCM) synonymt (Cooper, et al., 1997). I denna studie definieras dock logistik i enlighet med Council of Supply Chain Management Professionals definition av logistics management:

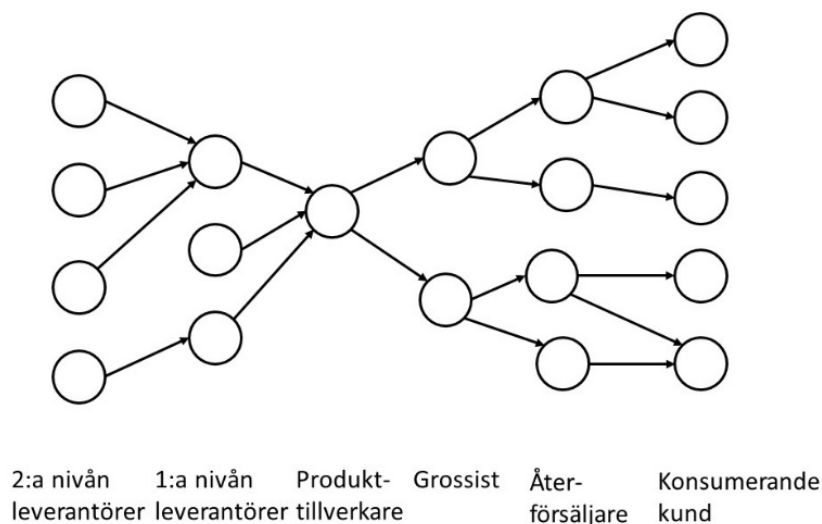
*“Logistics management is that part of supply chain management that plans, implements, and controls the efficient, effective forward and reverse flow and storage of goods, services and related information between the point of origin and the point of consumption in order to meet customers' requirements.”* (Council of Supply Chain Management Professionals, 2013).

Med denna definition blir det tydligt att både logistik och SCM handlar om integration av affärsverksamheter över organisationsgränser (Cooper, et al., 1997; Jonsson & Mattsson, 2011). En avgörande skillnad är att SCM innefattar fler affärsverksamheter, exempelvis produktutveckling och marknadsföring (Cooper, et al., 1997; Jonsson & Mattsson, 2011). Vidare förtydligar definitionerna att logistik är en del av SCM. Med bakgrund i detta kan användningen av litteratur rörande både SCM och logistik motiveras.

De typiska aktiviteterna vilka innefattas av logistik utgörs av ingående och utgående transport, lagerhantering, materialhantering, orderhantering, lagerstyrning samt hantering av tredjepartslogistik. I viss mån inkluderas även aktiviteterna produktionsplanering, inköp och avrop (Council of Supply Chain Management Professionals, 2013).

### 3.1.2 Logistik som ett system

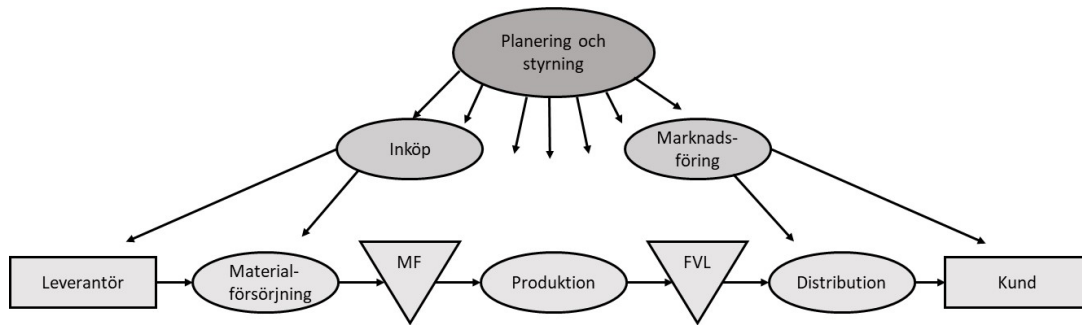
Jonsson & Mattsson (2011) beskriver hur logistik måste betraktas som ett system, där relationerna mellan de olika komponenterna i systemet måste beaktas. Arbnor & Bjerke (1994) beskriver hur ett system kan betraktas på olika förstoringsnivåer. Varje komponent i ett system kan betraktas som ett delsystem av det större systemet. Varje system kan i sin tur betraktas som ett delsystem som ryms inom ett större system. Även i logistiksystemet kan olika delsystem identifieras och på motsvarande sätt kan logistiksystemet betraktas som ett delsystem av ett större sammanhang (Jonsson & Mattsson, 2011). Logistiksystemets gränser kan urskiljas utifrån hur stor del av försörjningskedjan som betraktas (Jonsson & Mattsson, 2011). Enligt tidigare definition sträcker sig en försörjningskedja från råmaterial till slutkonsument. För att få en bild av en komplett försörjningskedja måste därför även leverantörernas leverantörer och kundernas kunder inkluderas (Jonsson & Mattsson, 2011). Genom att ha flera leverantörer, kunder och produkter kan en organisation i själva verket ingå i flera försörjningskedjor (Jonsson & Mattsson, 2011; Chopra & Meindl, 2013). Således kan många försörjningskedjor ses som ett försörjningsnätverk där en nod representerar en organisation och en länk till en annan nod representerar ett flöde av produkter, tjänster, kapital eller information (Chopra & Meindl, 2013; Mattsson, 2002), se Figur 7.



Figur 7 – Illustrering av logistiksystemet i ett försörjningsnätverk (Mattsson, 2002)

Logistik i försörjningskedjor bygger till stor del på detta helhetsperspektiv, där hela försörjningskedjan betraktas (Mattsson, 2002). Mattsson (2002) understryker behovet av att betrakta logistiksystemet i ett större sammanhang men påpekar samtidigt att detta synsätt främst bör betraktas som ett koncept och poängterar det olämpliga i att använda sig av ett så omfattande helhetsperspektiv för att beskriva, analysera och utforma försörjningskedjor i praktiken.

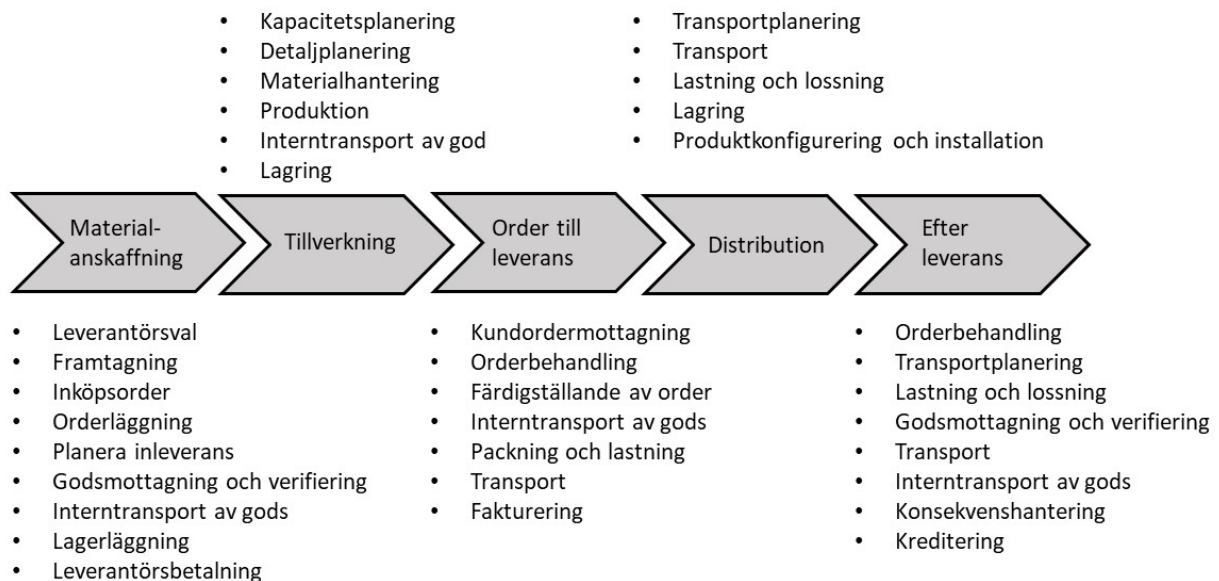
I ett mindre perspektiv kan logistiksystemet också ses enbart inom en organisation, där den interna försörjningskedjan betraktas (Jonsson & Mattsson, 2011). Den interna försörjningskedjan består av alla de enheter vilka är involverade i uppfyllandet av ett kundönskemål (Chopra & Meindl, 2013). Logistiksystemet inom en organisation kan sägas omfatta tre huvudfunktioner: materialförsörjning, produktion och distribution, vilka är kopplade till varandra genom interna kund- och leverantörsrelationer (Jonsson & Mattsson, 2011; Oskarsson, et al., 2013), se Figur 8. Jonsson & Mattsson (2011) och Oskarsson et al. (2013) understryker att det i regel är nödvändigt att ha ett bredare perspektiv på logistiksystemet än den egna organisationen. För att uppnå effektiva flöden måste även kunder och leverantörer tas hänsyn till i systemperspektivet.



Figur 8 – Illustrering av logistiksystemet i en organisation. MF = Materialförråd, FVL = Färdigvarulager (Oskarsson, et al., 2013)

### 3.1.3 Logistiska processer

Enligt Jonsson & Mattsson (2011) kan i princip alla tillverkande eller distribuerande organisationers huvudprocesser delas in i sju *grundtyper*: *produktutveckling, försäljning, order-till-leverans, anskaffning, tillverkning och service, distribution* samt *efter service* (Jonsson & Mattsson, 2011). Även om samtliga huvudprocesser påverkar eller påverkas av logistiken betraktar Jonsson & Mattsson (2011) de fem senare processerna som mest centrala för logistiken. Jonsson & Mattsson (2011) beskriver att även många stödprocesser till dessa huvudprocesser är centrala för logistiken i en organisation, se Figur 9.



Figur 9 – Huvud- och stödprocesser i logistiksystemet (Jonsson & Mattsson, 2011)

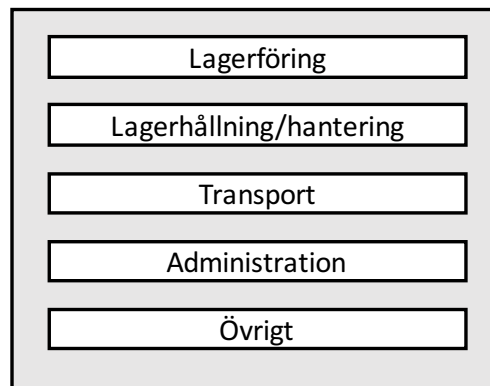
I en försörjningskedja kan, enligt Chopra & Meindl (2013), alla aktiviteter delas in i typer av processcykler: *kundordercykel, distributionscykel, tillverkningscykel* samt *inköpscykel*. Ordet *cykel* används för att poängtera att processen återupprepar sig. Varje cykel inträffar i gränssnittet mellan två steg i försörjningskedjan, exempelvis mellan kund och en distributör eller mellan en distributör och en tillverkare. (Chopra & Meindl, 2013)

Chopra & Meindl (2013) beskriver även ett kompletterande synsätt där alla processer i försörjningskedjan kan ses som antingen push- eller pullprocesser. Push-processer initieras utifrån ett förväntat behov medan pullprocesser initieras som en reaktion på ett behov. I regel består försörjningskedjan av en blandning av push- och pullprocesser. Vilka processer som är pull respektive push skiljer sig åt från olika försörjningskedjor.

### 3.1.4 Totalkostnad

Alla aktiviteter som utförs i logistiksystemet driver kostnader och det är därför önskvärt att, om möjligt, eliminera eller effektivisera dessa aktiviteter (Oskarsson, et al., 2013). I de flesta fall har dock denna typ av beslut en påverkan på flera andra kostnader. De åtgärder vilka syftar till att minska kostnaderna för en aktivitet kan leda till att kostnaderna ökar för aktiviteter i andra delar av logistiksystemet ökar (Jonsson & Mattsson, 2011; Oskarsson, et al., 2013). Det är därför nödvändigt att vid beslutsfattande inom logistiksystemet anamma ett systemsynsätt och betrakta hur kostnaderna påverkas ur ett helhetsperspektiv. Med anledning av detta är totalkostnad ett centralt begrepp inom logistik och syftar till att täcka in alla kostnader i logistiksystemet (Oskarsson, et al., 2013). Stock & Lambert (2001) beskriver totalkostnadskonceptet som en nyckel för beslutsfattande inom logistiksystemet. Målet bör vara att reducera den totala kostnaden för logistiken snarare än för de individuella aktiviteterna. Försök till kostnadsreduktioner blir alltså en avvägning av hur olika kostnadsposter påverkas av beslutet (Stock & Lambert, 2001).

Oskarsson et al. (2013) presenterar en totalkostnadsmodell vilken innefattar kostnader som i de flesta fall är relevanta att ta hänsyn till vid logistiska beslutssituationer, se Figur 10. Författarna påpekar att modellen måste anpassas efter varje beslutssituation eftersom olika kostnader och dess påverkan varierar från fall till fall. Det viktigaste med modellen är att bibehålla ett totalkostnadstänkande vid beslutsfattande inom logistiken.



Figur 10 – Totalkostnadsmodell (Oskarsson, et al., 2013)

Lagerföringskostnader syftar på de kostnader som uppstår genom att lagra produkter i form av kapitalbindning och riskkostnader. Kapitalbindning är alternativkostnaden för att inte kunna använda kapitalet till andra investeringar. Riskkostnader är kostnader för inkurans, svinn och kostnaden för att försäkra de lagrade produkterna. Både kapitalbindning och riskkostnader är beroende på antalet produkter i lager. Lagerhållningskostnaderna utgörs av kostnaderna för att driva och äga ett lager och innefattar kostnaderna för byggnaden, personal och utrustning. Transportkostnader utgörs av alla kostnader för att administrera och utföra transporter såväl till, från, inom och mellan som mellan organisationens anläggningar. Administrativa kostnader innefattar kostnader relaterade till administrationen av logistik, exempelvis orderhantering, ordermottagning och planering av logistikaktiviteter. Det finns ett flertal övriga logistikrelaterade kostnader vilka inte är inräknade i de tidigare kostnadsposterna. Oskarsson et al. (2013) nämner kostnader för informationssystem, emballagekostnader och materialkostnader som exempel på kostnader vilka bör tas med i en totalkostnadsberäkning.

### 3.1.5 Leveransserviceelement

Leveransservice är inget entydigt begrepp utan kan avse ett flertal olika dimensioner. Oskarsson et al. (2013) delar upp leveransservice i sex leveransserviceelement, se Tabell 3. Dessa överensstämmer till stor del med hur Jonsson & Mattsson (2011) beskriver de olika aspekterna av leveransservice. Vilka leveransserviceelement som är viktiga att beakta och hur de bör värderas varierar från fall till fall. Oskarsson (2013) beskriver hur målen för leveransservicen sätts med utgångspunkt i vad kunderna värderar.

*Tabell 3 – Beskrivning av leveransserviceelement (Oskarsson, et al., 2013)*

| <b>Leveransserviceelement</b> | <b>Beskrivning</b>   |
|-------------------------------|--|
| Ledtid                        | Tiden från att order placeras till leverans  |
| Leveranspålitlighet           | Tillförlitlighet i ledtiden  |
| Leveranssäkerhet              | Rätt vara, rätt mängd, rätt kvantitet  |
| Lagertillgänglighet           | Andelen av order/orderrader vilka kan levereras direkt vid kundens önskemål                          |
| Information                   | Möjlighet att tillgodose kundens behov av relevant information                                       |
| Flexibilitet/kundanpassning   | Möjligheten att tillgodose avvikande behov från kund gällande exempelvis ledtider eller leveranssätt |



## 3.2 JIT-distribution

Detta avsnitt ger en kortare inblick i styrprincipen JIT och hur den skiljer sig mot mer traditionella leveranser.

JIT-distribution härstammar ifrån produktionsfilosofin Just-In-Time. Produktionsfilosofin bygger en förutsättning om kapitalknapphet och strävar efter att minska olika former av slöseri inom produktionen, däribland väntetider och lagernivåer (Oskarsson, et al., 2013). I enlighet med detta är målet med JIT-distribution att undvika behovet av lager genom att rätt mängd material levereras precis då det ska användas. Genom att produktionen förses med JIT-leveranser direkt från leverantör kan exempelvis behovet av råvarulager reduceras. I Tabell 4 presenteras de karaktärsdrag som enligt Oskarsson et al. (2013) skiljer JIT-leveranser från traditionella leveranser. Oskarsson et al. (2013) beskriver hur utvecklingen generellt sett har rört sig mot att i större utsträckning efterlikna JIT-distribution, men påpekar samtidigt att det i de flesta fall är svårt att uppnå fullt ut. Mattsson (2002) beskriver hur JIT-distribution ställer stora krav på leverantören och hur en geografisk närhet till leverantören är mer eller mindre en förutsättning för att kunna tillämpa detta.

*Tabell 4 – Karakteristik av JIT-leveranser i jämförelse med traditionella leveranser (Oskarsson, et al., 2013)*

| <b>Traditionella leveranser</b> | <b>JIT-leveranser</b> |
|---------------------------------|-----------------------|
| Långa transporttider            | Korta transporttider  |
| Stora volymer                   | Små volymer           |
| Låg tidsprecision               | Hög tidsprecision     |
| Låg leveranssäkerhet            | Hög leveranssäkerhet  |
| Inget totalansvar               | Totalansvar           |

## 3.3 Transportsätt

I detta avsnitt presenteras de olika transportsätten med respektives styrkor och svagheter baserat på Lumsden (2006). Vidare jämförs transportsätten i Figur 11.

### **Väg**

Transport på väg står för den största andelen av transporter för samtliga transportsätt och är fördelaktigt ur flera synpunkter. Då lastbilen har relativt liten kapacitet kan den enkelt anpassas till behov för en enda kund men också större volymer genom användandet av större och fler fordon. Då chauffören följer med godset innebär det en större säkerhet för godset samt tillförlitlighet att leveranser kommer fram i tid. Flexibiliteten är stor då transporter enkelt kan omdirigeras och inte behöver förlita sig på någon specifik infrastruktur mer än vägnätet vilket är vida utspritt. Vidare är transportsättet anpassningsbart efter avstånd och kan med enkelhet hantera lokala så väl som internationella transporter. Den stora nackdelen är att i och med vägtransport ökar så intensifieras trafiken på vägarna vilket leder till större utsläpp, buller och trafikolyckor.

### **Järnväg**

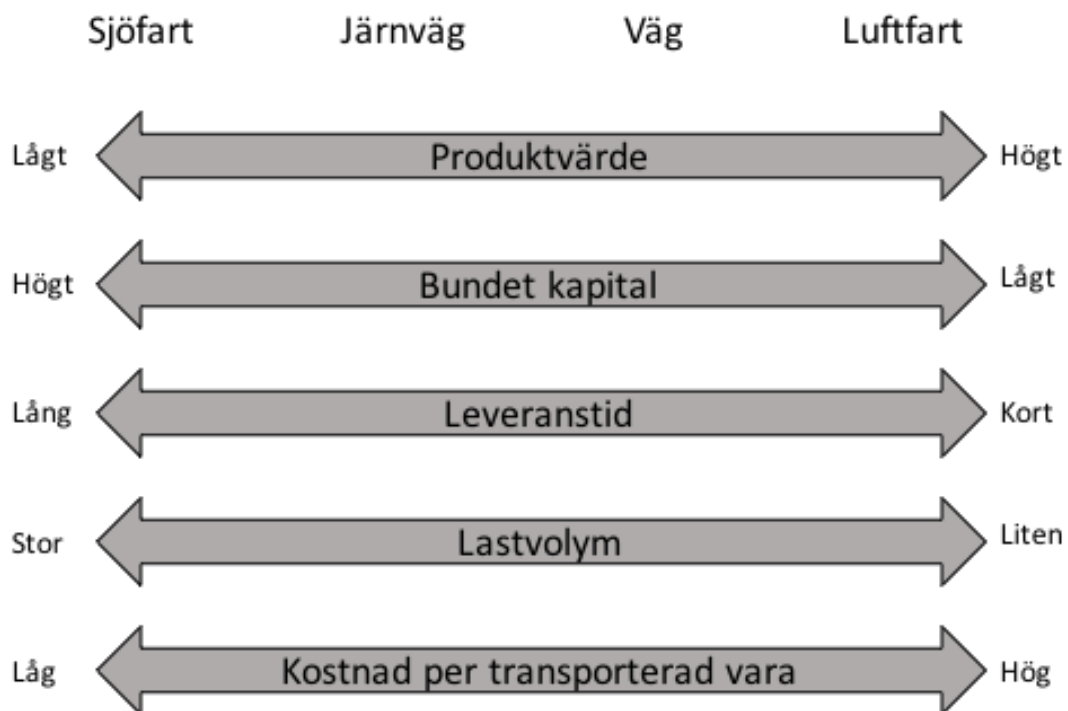
Järnvägstrafik stora fördel ligger i den låga friktionen som är mellan tåg och räls. I och med detta kan ett tåg med en förare transportera flertalet vagnar och därigenom stora volymer. Det är därav anpassat för större flöden av gods och höga utnyttjandegrader. Tågtransport är dock långsammare än exempelvis vägtransport och beroende av järnvägsnätet vilket kan vara begränsat.

## Sjöfart

Båttransport är det långsammaste transportsättet men har även den lägsta kostnader per tonkilometer. Detta då det med båttransport kan skeppas stora kvantiteter vilket gör att även bulksgods lönsamt kan transporteras. Båttransport innebär fria möjligheter till vilka rutter som ska tas i och med internationella vatten men är beroende av hamnar för lastning och lossning.

## Luftfart

Transport med flygplan är det snabbaste transportsättet att på ett säkert sätt transportera gods långa avstånd. Det är fördelaktigt bland annat för värdefulla varor och färskvaror så som mediciner. Kostnaderna för flygtransporter är dock hög och transportsättet är beroende av specifik infrastruktur i form av flygplatser.



Figur 11 - Jämförelse av transportsätt

### 3.4 Strategier i utformningen av en försörjningskedja

Hayes & Wheelwright (1979) beskriver vikten av att koppla sina processers och produkters livscyklar till varandra. I likhet med detta beskriver Fisher (1997) produktens egenskaper bör ligga till grund för utformandet av och strategin för försörjningskedjan. Nedan presenteras Fishers (1997) tillvägagångssätt för utformande av försörjningskedjor.

Fisher (1997) delar in produkter i två varianter, *funktionella* och *innovativa*. Funktionella produkter ses som basvaror med en stabil och förutsägbar efterfrågan och långa livscyklar. Detta innebär i regel att funktionella produkter har hög konkurrens och låga vinstmarginaler. Innovativa produkter kännetecknas av innovationer inom exempelvis design och teknologi med varor som märkeskläder, personatorer eller mobiler. På grund av att produkterna är innovativa är efterfrågan ofta oförutsägbar men marginalerna kan vara höga då företaget är ensam på marknaden med produkten. Livscykeln är ofta ett par månader då andra företag snabbt kopierar produkten och nya innovationer är tvungna att ske för att bevara den höga marginalen. De olika produkterna kräver olika sorters försörjningskedjor till stor del beroende på hur efterfrågemönstret ser ut, se Tabell 5.

Tabell 5 – Skillnader i efterfrågan för funktionella och innovativa produkter (Fisher, 1997)

| Efterfrågespekter                     | Funktionell    | Innovativ      |
|---------------------------------------|----------------|----------------|
| Produktlivscykel                      | > 2 år         | 3 - 12 månader |
| Bidrag till marginal                  | 5 % - 20 %     | 20 % - 60 %    |
| Produktvariation                      | Låg            | Hög            |
| Prognosfel vid produktionsstart       | 10 %           | 40 % - 100 %   |
| Lagerbrist                            | 1 % - 2 %      | 10 % - 40 %    |
| Prissänkningar vid slutet av säsonger | 0 %            | 10 % - 25 %    |
| Ledtid som krävs vid make-to-order    | 6 - 12 månader | 1 - 2 veckor   |

Vidare delar Fisher (1997) upp försörjningskedjor i två varianter, *effektiva* och *responsiva*. En effektiv försörjningskedja fokuserar på att skapa ett högt utnyttjande av maskiner och kapacitet samt minska lagernivåer genom hela flödet. Syftet är att tillverka produkter av rätt kvalitet till minsta möjliga kostnad. För att möjliggöra det krävs noggranna prognoser gällande vad som ska tillverkas för att ha längre frysperioder vilket gör att den är väl anpassad för funktionella produkter. En responsiv försörjningskedja strävar efter att vara flexibelt och snabbt anpassa sig efter förändring. Detta görs genom att ha buffrar inom både kapacitet och lager för att undvika brister. En responsiv försörjningskedja genererar högre kostnader men ställer färre krav på pricksäkra prognoser och är därför bättre anpassad till innovativa produkter.

Tabell 6 – Skillnader mellan en materialeffektiv och marknadsresponsiv försörjningskedja (Fisher, 1997)

|  | <b>Effektiv process</b>   | <b>Responsiv process</b>   |
|--|---|--|
| <b>Huvudsyfte</b>                                | Försörja en förutsägbar efterfrågan effektivt till lägsta kostnad | Snabb respons till en oförutsägbar efterfrågan för att undvika lagerbrist och utdaterade produkter |
| <b>Tillverkningsfokus</b>                        | Hög utnyttjandegrad   | Kapacitetsbuffrar  |
| <b>Lagerstrategi</b>                             | Minimera lagernivåer och skapa hög omsättning av lager            | Skapa buffrar av råvaror och färdigvaror   |
| <b>Fokus för ledtider</b>                        | Reducera ledtider så länge de inte ökar kostnader                 | Investera för att reducera ledtider  |
| <b>Tillvägagångssätt vid val av leverantörer</b> | Välj leverantör utifrån kostnad och kvalitet                      | Välj leverantör utifrån ledtid, flexibilitet och kvalitet  |
| <b>Strategi för produktdesign</b>                | Maximera prestanda och minimera kostnader                         | Utnyttja modularisering för att senarelägga variation av produkter                                 |

För att avgöra om försörjningsstrategi är lämplig för ett företag bör först produkten definieras efter vilken sorts efterfrågan den har, förslagsvis genom Tabell 5 (Fisher, 1997). Enligt Fisher (1997) kan en försörjningskedja definieras som materialeffektiv eller responsiv utifrån de kriterier som presenteras i Tabell 6. Med både produkt och försörjningskedja definierad kan lämpligheten för kombination avgöras med hjälp av Fishers matris i Figur 12. Får företaget en *match* bör det fortsätta i samma spår som tidigare men om kombinationen är en *mismatch* bör strategin ses över för att göra försörjningskedjan anpassad till strategin och mer konkurrenskraftig. Enligt Fisher (1997) är det vanligt förekommande att traditionella företag med tidigare traditionella och funktionella produkter gått över till en mer innovativ produkt utan att ha gjort förändringar i försörjningskedjan och hamnar därav i det övre högra hörnet där försörjningskedjan är kostnadseffektiv och långsam men produkten kräver en hög flexibilitet.

|                             | Funktionell produkt | Innovativ produkt |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|
| Effektiv försörjningskedja  | MATCH               | MISMATCH          |
| Responsiv försörjningskedja | MISMATCH            | MATCH             |

Figur 12 – Matchning av produkt och försörjningskedja (Fisher, 1997)

## 3.5 Kartläggning

Kartläggning är ett verktyg för att skapa en representativ bild av nuvarande flöden och processer i en försörjningskedja och ger möjlighet till att på ett lättförståeligt sätt förklara en organisation och hur dess delar samverkar samt relaterar till varandra (Ljungberg & Larsson, 2012). Verkligheten som organisationer verkar inom idag är alltmer komplex vilket leder till att funktioner och personer lätt isolerar sig och inte förstår sitt sammanhang i systemet. Kartläggning kan enligt Ljungberg & Larsson (2012) motverka det samt möjliggöra följande:

- En gemensam syn på hur verksamheten i sin helhet fungerar
- Förståelse för vad som skapar värde för kunderna
- Förståelse för vad processsättet innebär för den egna organisationen
- Etablering av processerna
- Mätning och styrning av processerna
- Förbättring av processerna

Kaplan & Norton (2000) förklarar vikten av att använda sig av kartläggning för att koppla sin strategi till mer taktiska och operationella nivåer för att på sått skapa en förståelse hur organisationen ska gå framåt i alla led. Oskarsson et al. (2013) skriver att för att skapa en förbättring krävs det förståelse för de nuvarande processerna och att det första steget att uppnå detta är genom kartläggning av material- och informationsflöden. Enligt Gardner & Cooper (2003) är kartläggning ett verktyg för att kunna undersöka något som är för stort och komplext att beskåda direkt. Kartläggning kan användas antingen för att anpassa försörjningskedja till strategin eller för att undersöka hur försörjningskedjan uppfyller strategin (Gardner & Cooper, 2003). De nämner även flertalet anledningar till varför en strategisk kartläggning av försörjningskedjor är användbart:

- En karta kopplar företagsstrategin med strategin för försörjningskedjan
- En karta kategoriserar och fördelar viktigt information för att överleva i en dynamisk omgivning
- En karta kan ligga till grund för förändringar i försörjningskedjan
- En karta kan visa dynamiken mellan enheter i försörjningskedjan, som relativ storlek genom olika storlekar på dess symboler
- En karta kan användas för att övervaka en försörjningskedjas utveckling
- En karta fungerar som ett kommunikationsverktyg
- En karta hjälper nya aktörer och personer i försörjningskedjan att finna sin roll
- Ett väldokumenterat tillvägagångssätt för kartläggningen kan leda till förbättringar i processer kring logistik i försörjningskedjan

Vidare nämner Gardner & Cooper (2003) vilka egenskaper en karta bör ha. En karta bör vara tolkningsbar, igenkänningsbar och spridningsbar. Tolkningsbar genom att kartan kopplar enheter och aktörer i försörjningskedjan samt är uppbyggd eller kopplad till en databas, igenkänningsbar då den bör innehålla standardiserade symboler för kartläggning och spridningsbar då format ska vara lätt att sprida samt innehålla ett tillvägagångssätt för att sprida kartan.

## 3.6 Flexibilitet

Detta avsnitt presenterar teori och grunder till flexibilitet i försörjningskedjor samt olika dimensioner och strategier för området.

I dagens klimat ställer kunder allt större krav, produkter ska specialtillverkas efter behov och levereras med korta ledtider. För företag innebär detta ett behov av att förändra sig från att fokusera på att vara kostnadseffektiva till att bli flexibla. Genom att öka sin flexibilitet kan företag bli mer responsiva och på så sätt förbättra sina möjligheter till att möta kunders behov (Stevenson & Spring, 2007).

Grunderna till flexibilitet i försörjningskedjor kommer från flexibilitet inom produktion (Duclos, et al., 2003; Pujawan, 2004; Stevenson & Spring, 2007) vilket ofta rör enbart tillverkning eller ett enda produktionssystem och inte flera enheter eller aktörer. Olhager (2013) beskriver flexibilitet som ”*Förmåga till att anpassa sig till förändrade eller nya förhållanden snabbt och kostnadseffektivt*”. Inom detta område nämns ofta tre sorters flexibilitet; leveransflexibilitet, produktmixflexibilitet och volymflexibilitet.

- *Leveransflexibilitet* är förmågan att klara av leveransförändringar när kunder behov förändras och är en viktig del i att öka värdet för kunden. Den beror främst på genomloppstider, leveranstider, seriestorlekar och omställningstider.
- *Produktmixflexibilitet* är förmågan att anpassa sig till förändringar på vilken variant av en produkt som efterfrågas. Den beror bland annat på leveranstid av inköp, seriestorlekar samt genomloppstider.
- *Volymflexibilitet* är förmågan att klara av förändringar i kapacitet och volym inom produktionen då detta efterfrågas. Den beror på lager av färdigvaror, genomloppstider, seriestorlekar samt tillgänglig kapacitet.  
(Jonsson & Mattsson, 2011)

De aspekter av flexibilitet som diskuteras inom produktion är i många aspekter relevanta även för en försörjningskedja. Dock menar flertalet forskare att med fokus enbart på en enhet försvinner flera dimensioner som är viktiga för kund och därmed för hela försörjningskedjan. Pujawan (2004) skriver att i och med utvecklingen av logistik i försörjningskedjor har företag insett att det inte är tillräckligt att enbart vara konkurrenskraftig i ett enda företag eller enhet och att detsamma även gäller flexibilitet, att det krävs fler dimensioner än de inkluderade inom produktionsflexibilitet. Företag måste vidare inse att konkurrens inte sker mellan företag utan mellan försörjningskedjor och ett mer strategiskt och tvärorganisatoriskt perspektiv är viktigt, även när det gäller flexibilitet (Duclos, et al., 2003). Stevenson & Spring (2007) hävdar att användandet av enbart denna syn på flexibilitet, vilket förutsätter existerande relationer i försörjningskedjan, ger litet utrymme för flexibilitet i försörjningskedjan eftersom logistik i försörjningskedjor även handlar om omformning och konfiguration av försörjningskedjan, där ett alternativ som inte behandlas inom produktionsflexibilitet exempelvis är byte av leverantörer. Dock är produktionsflexibilitet en del av flexibilitet i försörjningskedjor då många viktiga aspekter av flexibilitet i produktion kan jämföras med de i försörjningskedjan. Vissa beslut i försörjningskedjan påverkas av flexibiliteten i produktionen som exempelvis utformandet av försörjningskedjan, vilket till stor del beror på kapaciteten i produktionen (Stevenson & Spring, 2007).

### 3.6.1 Flexibilitet i försörjningskedjor

Flexibilitet i försörjningskedjor definieras enligt Sánchez & Pérez (2005) som de flexibilitetsdimensioner som direkt påverkar kunder och vilka ansvar delas av två eller fler funktioner inom en försörjningskedja, oavsett om enheterna är interna eller externa. Angkiriwang et al. (2014) definierar flexibilitet i en försörjningskedja som förmågan för ett system eller kedja att agera på oväntade och oförutsedda förändringar på grund av en osäker miljö för att möta variationen av kundbehov eller krav, och samtidigt bibehålla kundnöjdheten utan att signifikant öka kostnader. Flexibilitet i försörjningskedjor har enligt Stevenson & Spring (2007) många definitioner inom forskning men att de i grunden kan sammanfattas som förmågan att anpassa sig till osäkerheter.

Att det finns ett behov av flexibilitet i försörjningskedjan beror på de osäkerheter vilka existerar inom olika delar av kedjan. Angkiriwang et al. (2014) delar in osäkerheterna i tre kategorier beroende på var i försörjningskedjan de uppstår: försörjningsosäkerhet, processosäkerhet och efterfrågeosäkerhet. Med försörjningsosäkerhet menas de osäkerheter vilka påverkar försörjningen av material. Dessa kan manifesteras i form av osäkerheter gällande tillgången på material, försörjningskapacitet, priset på material, alternativa försörjningsalternativ eller ledtiden i försörjningen. Ett exempel på hur flexibilitet kan tillämpas vid osäkerheter i försörjningen är möjligheten att kunna genomföra ändringar i produktionen för att tillverka andra produkter eller att ha tillgång på material som kan användas som substitut. Processosäkerhet är relaterat till osäkerheterna i den interna tillverkningsprocessen i form av tillgång på maskiner, produktionskapacitet, kvalitet och produktionsledtid. Osäkerheterna i den interna processen kan även innefatta tillgången på material i olika delar av produktionen samt problem relaterade till arbetskraft och informationssystem. Efterfrågeosäkerhet avser de osäkerheter vilka är kopplade till kundens efterfrågan. Det finns en volatilitet kring kundernas beställningar gällande kvantitet, typer av produkter, tidpunkt och plats vilken skapar en osäkerhet kring prognoser. Dessutom finns det en osäkerhet på grund av möjligheten att en kund ändrar sin order. Flexibilitet i försörjningskedjan är viktigt för att kunna hantera en dynamisk efterfrågan.

Utöver osäkerhet är det även viktigt att förstå att flexibilitet i försörjningskedjor är multidimensionellt (Angkiriwang, et al., 2014; Beamon, 1999; Duclos, et al., 2003; Sánchez & Pérez, 2005; Stevenson & Spring, 2007). Flexibilitet i försörjningskedjor kan uttryckas i många former och på olika hierarkiska nivåer, allt från volymflexibiliteten i en enda maskin till flexibilitet inom informationssystemen hos försörjningskedjans aktörer. Denna komplexitet gör att flexibilitet är svårt att mäta och jämföra. Det finns dock flertalet metoder för mätning av flexibilitet (Stevenson & Spring, 2007), både kvalitativa och kvantitativa men på grund av att flexibilitet kan uttrycka sig i så många former finns få generella metoder, exempelvis kan möjligtvis leveransflexibilitet uttryckas kvantitativt i hur stora volymer som kan hanteras medan hur flexibel en organisation är till att hantera förändringar blir mer åsiktsbaserat. Detta beror även på att många mätmetoder är situationsanpassade och subjektiva (Stevenson & Spring, 2007). I och med att flexibilitet är multidimensionellt är även, som tidigare sagt, jämförelse mellan olika försörjningskedjor komplicerat att göra. Två försörjningskedjor kan vara *lika* flexibla men på helt olika sätt vilket beror på det faktum att vara flexibel i en dimension inte nödvändigtvis betyder att man är flexibel i en annan. Stevenson & Spring (2007) menar även att flexibilitet kan existera utan att demonstreras, det vill säga att en försörjningskedja kan ha en potential flexibilitet vilken inte används. Tas denna aspekt in av potential flexibilitet blir så väl mätningar som jämförelse än mer komplexa.

På grund av att flexibilitet i försörjningskedjor är ett brett område är det viktigt att fokusera på vissa aspekter av flexibilitet. Olika aspekter av flexibilitet är viktigare i vissa miljöer än i andra och det är därför viktigt att veta vilken dimension av flexibilitet som undersöks eller ska förbättras (Stevenson & Spring, 2007). Pujawan (2004) betonar att flexibilitet är dyrt och investeringar i flexibilitet bör därför enbart genomföras i om det är absolut nödvändigt för marknaden. Alla sorters flexibilitet är inte heller lämplig för alla försörjningskedjor (Beamon, 1999). Fisher (1997) nämner, som tidigare beskrivet, att en och samma försörjningsstrategi inte passar alla försörjningskedjor då osäkerheterna beroende produkt skiljer sig och att varje försörjningsstrategi måste skraddarsys för att passa. På samma sätt måste flexibilitet hanteras med avsikten att matcha resurser och förmåga med de osäkerheterna i miljön försörjningskedjan befinner sig i (Gosling, et al., 2013).

### 3.6.2 Dimensioner

Flexibilitet i försörjningskedjor kan ses som den grupp av dimensioner som är den högsta hierarkiska nivån inom flexibilitet som begrepp och placeras ovan produktionsflexibilitet på en nätverksnivå (Stevenson & Spring, 2007). Stevenson & Spring (2007) sammanfattar flexibilitetsdimensioner från litteratur samt inkluderar flexibilitet i försörjningskedjor för att ge en helhetsbild av flexibilitet, se Tabell 7. Dimensionerna för flexibilitet i försörjningskedjor baseras på vad Duclos et al. (2003) och Lummus et al. (2003) identifierar för områden vilka presenteras nedan.

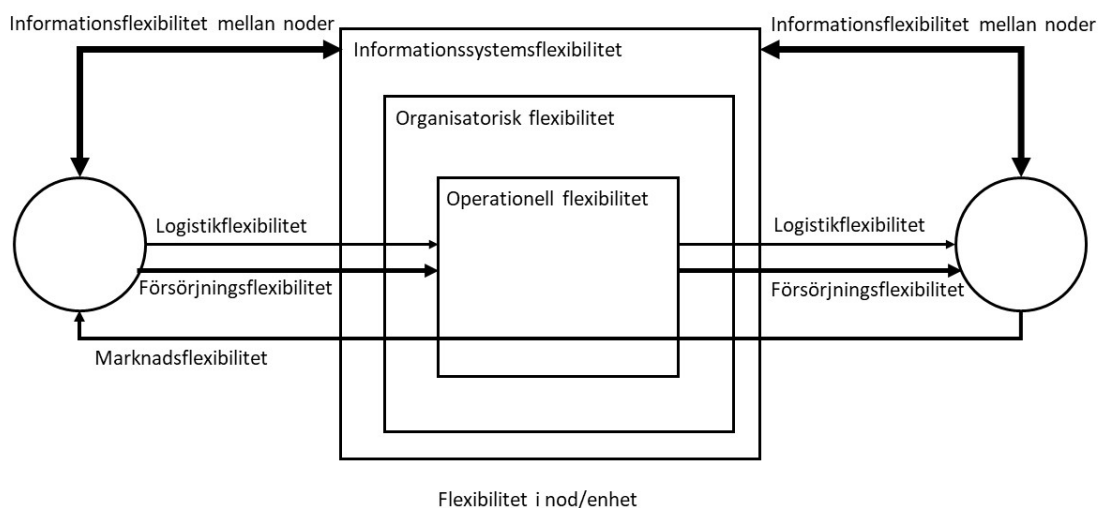
Tabell 7 – Fyra hierarkier av flexibilitet (Stevenson & Spring, 2007)

| Hierarkisk nivå   | Flexibilitetsdimensioner | Förklaring   |
|---|--------------------------|--|
| <b>Operativ flexibilitet</b><br>(verkstadsnivå)           | Maskin                   | Antal utföranden utrustning klarar utan större omställningar                   |
|   | Materialhantering        | Förmåga att flytta material inom verkstaden                                    |
|   | Operations               | Antalet alternativa metoder för att producera en produkt                       |
|   | Automatiserings          | Antalet automatiserade tillverkningsmetoder                                    |
|   | Arbetskrafts             | Antalet uppgifter en operatör kan utföra                                       |
|   | Process                  | Antalet delar som kan produceras utan större omställningar                     |
|   | Routing                  | Antalet alternativa vägar en produkt kan ta inom verkstaden för att tillverkas |
|   | Program                  | Tiden en verkstad kan arbeta obevakad  |
|   | Output                   | Förmågan att förändra kapaciteten på kort sikt                                 |
| <b>Taktisk flexibilitet</b><br>(fabriksnivå)              | Produkt/modifikation     | Förmågan att lägga till eller byta ut produkter                                |
|   | Volym                    | Volymer som kan produceras kostnadseffektivt                                   |
|   | Leverans                 | Förmågan att anpassa sig till nya leveransbehov                                |
|   | Produktion               | Antalet produktvarianter som kan produceras utan anskaffning av ny utrustning  |
| <b>Strategisk flexibilitet</b><br>(företagsnivå)          | Ny design                | Förmågan att introducera nya produkter   |
|   | Expansion                | Förmågan att addera långsiktig kapacitet                                       |
|   | Marknad                  | Förmågan för ett företag att anpassa sig till förändringar på marknaden        |
| <b>Försörjningskedjans flexibilitet</b><br>(nätverksnivå) | Robusthet                | Nivån av efterfrågeförändringar nuvarande försörjningskedja kan hantera        |
|   | Re-konfiguration         | Förmågan att förändra försörjningskedjan för att möta efterfrågeförändringar   |
|   | Samarbeten               | Förmågan att skapa rätt sorts samarbeten inom försörjningskedjan               |



|   |  |
|---|--|
| Logistik                                | Förmågan att anpassa logistiken kostnadseffektivt efter efterfråge- och försörjningsförändringar |
| Organisation                            | Förmågan att förändra hela försörjningskedjans organisation för att möta nya behov               |
| Inter-organisatorisk informationssystem | Förmågan att möta nya informationsbehov inom nuvarande informationsstruktur                      |

Duclos et al. (2003) och Lummus et al. (2003) hävdar att mycket av litteratur och artiklar skrivna om flexibilitet i försörjningskedjor ofta kopplar en dimension av flexibilitet till en enhet, även då dimensionerna i sig täcker in hela försörjningskedjan. Flexibilitetsdimensioner bör istället inkludera dimensioner som kräver att alla parter i försörjningskedjan arbetar för att skapa störst nytta för kunden. Duclos et al. (2003) och Lummus et al. (2003) presenterar följande dimensioner av flexibilitet; Operationell flexibilitet (eng. *operations system flexibility*), Marknadsflexibilitet (eng. *market flexibility*), Logistiskflexibilitet (eng. *logistics flexibility*), Försörjningsflexibilitet (eng. *supply flexibility*), Organisationsflexibilitet (eng. *organizational flexibility*) och Informationssystemflexibilitet (eng. *information systems flexibility*). Dessa ska tillsammans ge en heltäckande bild av flexibiliteten i en försörjningskedja, se Figur 13, och förklaras vidare nedan.



Figur 13 – Flexibilitetsdimensioner i en försörjningskedja (Duclos, et al., 2003)

### Operationell flexibilitet

Operationell flexibilitet är förmågan att konfigurera tillgångar och den operativa verksamheten i varje nod av försörjningskedjan för att möta förändringar i efterfrågan, så som volymer, produktvariation och introduktion av nya produkter. Området innefattar både produktions- och tjänsteverksamhet. Många av dimensionerna för produktionsflexibilitet innefattas inom detta område då krävs för att mäta en viss nod i försörjningskedjan, till exempel produktionen, leverantörer eller distributionen. Operationell flexibilitet rör förmågan att ändra produkter, utrustning, personal och processer inom den operativa funktionen för att fokusera sig på att uppnå flexibilitet genom förändring i resurser och verksamhet vilka krävs för att leverera en produkt eller tjänst. Varje del inom försörjningskedjan måste ha möjlighet att leverera en produkt eller tjänst inom rimlig tid för att försörjningskedjan som helhet ska kunna möta kundens behov.

## **Marknadsflexibilitet**

Marknadsflexibilitet är förmågan att masskundanpassa och bygga relationer med kunden. Det mäter hur pass responsiv en försörjningskedja är i att möta förändringar i kundbehov. Dimensionen inkluderar flexibilitet rörande ny produktdesign och introduktion, kundanpassning, senareläggning (eng. *postponement*) och eftermarknadssupport. Dagens konkurrensutsatta situation kräver förmåga att designa och introducera nya produkter allt efter att kundbehov, material och teknik förändras.

## **Logistikflexibilitet**

Logistikflexibilitet är förmågan att ta emot och leverera produkter kostnadseffektivt i takt med att tillgång och efterfrågan förändras. Logistikflexibilitet innefattar alla processer av transport från leverantör till kund, förpackning, frakt, dokument, lager och leverans. Flexibilitet inom detta område ställer krav på specifika flöden för varje kundsegment, det vill säga att försörjningskedjan måste kunna serva varje specifikt kundbehov. Logistikflexibilitet inkluderar att välja rätt sorts logistikkomponenter för att hantera svängningar i efterfrågan, bredd på produktsortiment, returflöden samt möjlighet att göra kundanpassningar så sent som möjligt i kedjan. Hög logistisk flexibilitet kan vara en metod för att differentiera sig gentemot konkurrenter.

## **Försörjningsflexibilitet**

Försörjningsflexibilitet är förmågan att omforma eller förändra försörjningskedjan och försörjningen av produkter ut efter vad kunder efterfrågar. För att möta förändringar i efterfrågan, vilket inkluderar produktmix, volym, nya produkter och produktvariation, behöver försörjningen av produkten förändras. Det krävs att försörjningskedjan formas med förändring i åtanke för att skapa flexibilitet i anskaffning av material från råmaterial till färdig produkt. Sker det förändringar vilka kräver nya aktörer i kedjan måste dessa kunna adderas och på samma sätt exkluderas om behovet saknas. Försörjningsflexibilitet är hur väl hantering av olika livscykelängder, ökande och minskande av produktion, anpassning till processer och produkter hanteras samt förmågan att göra förändringar i samarbeten med andra företag när efterfrågan förändras. Det inkluderar även förmågan att hantera relationen med andra aktörer samt att välja rätt sorts samarbeten för situationen.

## **Organisatorisk flexibilitet**

Den organisatoriska flexibiliteten rör vilken flexibiliteten varje nod i försörjningskedjan kan uppnå genom sin arbetskraft och organisatoriska struktur, kultur och arbetssätt. Denna flexibilitet används för att visa på att förändring inom en verksamhet för att möta förändringar i efterfrågan enbart blir så effektiv som flexibiliteten i arbetskraft och den organisatoriska miljön tillåter. Dimensioner på organisatorisk flexibilitet är exempelvis vilken bredd av uppgifter en operatör kan utföra eller hur mobil arbetskraften är.

## **Informationssystemflexibilitet**

Flexibilitet i informationssystemet är förmågan att utifrån förändringar i efterfrågan på grund av kundbehov anpassa informationssystem i försörjningskedjan för att hantera nya behov av information inom organisationen. Förändringar i efterfrågan eller i miljön som en försörjningskedja verkar i kan kräva förändringar i informationsflöden. Om inte informationssystemen i försörjningskedjan kan anpassa sig till förändringarna kan inte heller försörjningskedjan förändras. Flexibiliteten går ut på att alla parter i en försörjningskedja måste vara beredda på att anpassa sina informationssystem till förändringarna. Dimensioner inom informationssystemflexibilitet är graden av hur mycket som kan automatiseras i form av processer så som inköp och produktionstekniker. Flexibiliteten rör även hur snabbt förändringar i hård- och mjukvara kan synkroniseras mellan olika enheter inom försörjningskedja. Informationssystemflexibilitet påverkar både den operationella och organisatoriska flexibiliteten.

### 3.6.3 Strategier för ökad flexibilitet

Flexibilitet kan betraktas som en strategi för att hantera osäkerheter i försörjningskedjan. Angkiriwang (2014) beskriver hur det i sin tur finns ett antal strategier för hur ökad flexibilitet kan uppnås. Koste & Malhotra (1999) delar upp dessa strategier i två kategorier, proaktiva och reaktiva. Med reaktiva strategier görs ingen ansats till att påverka graden av osäkerhet, istället tas åtgärder för att kunna uppnå flexibilitet givet en viss osäkerhet. Reaktiva strategier kan alltså ses som säkerhetsåtgärder för att hantera osäkerheter. Proaktiva strategier är strategier vilka strävar efter att öka flexibiliteten genom att konfigurera om produkter, processer eller försörjningsnätverket för att på så sätt reducera eller undvika osäkerheter. Nedan presenteras de fyra reaktiva flexibilitetsstrategier som identifieras av Angkiriwang et al. (2014):

- *Säkerhetslager*: En av de vanligaste åtgärderna för att hantera osäkerheter i försörjning och efterfrågan är användandet av säkerhetslager. Med ett säkerhetslager kan sannolikheten för brist i tillgång på material minskas till en acceptabel nivå. Enligt Van Kampen et al. (2010) ger ett säkerhetslager även möjlighet till ökad responsivitet.
- *Kapacitetsbuffert*: Med en kapacitetsbuffert skapas ökad flexibilitet genom att öka produktionen vid behov. Flexibilitet uppnås således genom att ha en högre kapacitet än det genomsnittliga behovet, vilket kan åstadkommas genom tillgång på extra personal eller produktionslinjer. I många fall är det dock dyrt eller till och med omöjligt att justera kapacitetsnivån.
- *Ersättningsleverantörer*: På grund av den risk som finns förknippad med att enbart förlita sig på en leverantör, är det vanligt att använda sig av ersättningsleverantörer. Genom att ha flera leverantörer skapas en ökad försäkring om tillgång på material men innebär i de flesta fall ökade kostnader.
- *Säkerhetsledtid*: För att hantera osäkerheter kan säkerhetsledtider adderas till cykeltiden för olika processer. Säkerhetsledtider skapar ökade kostnader och höjda lagernivåer men leder även till ökad tillgång på material vilket ger en ökad flexibilitet i att hantera kundernas efterfrågan.

Angkiriwang et al. (2014) identifierar även åtta proaktiva flexibilitetsstrategier vilka beskrivs nedan:

- *Standardisering av komponenter*: En strategi relaterad till produktdesignen vilken kan ha stor inverkan på flexibiliteten är standardisering av komponenter. Att i större utsträckning använda sig av samma komponenter till olika produkter kan öka effektiviteten och responsiviteten såväl som flexibiliteten i en försörjningskedja, i synnerhet i de fall då en tillverkare erbjuder ett brett produktutbud.
- *Senareläggning*: Senareläggning handlar till stor del om att strukturera om processer, och beskrivs av Van Hoek (2001) som en princip där vissa aktiviteter i försörjningskedjan utförs så sent som möjligt. För att förhindra att värdeadderande aktiviteter utförs i onödan sker produktion och transport i största möjliga mån utifrån kundorder. Bjørnland et al. (2003) identifierar två typer av senareläggning, geografisk och värdeskapande. Med geografisk senareläggning menas att onödig förflyttning undviks genom att behålla produkter i ett centrallager snarare än att transportera dem till ett regionallager. Värdeskapande senareläggning innebär att färdigställandet av produkten förskjuts i väntan på en order, för att på så sätt möjliggöra ökad flexibilitet.
- *Risksammanslagning*: Risksammanlagning kan beskrivas som en strategi där regionala osäkerheter minskas genom centralisering. Detta kan exempelvis innebära införandet av en centraliserad lagerstruktur eller en centraliserad inköpsverksamhet.
- *Outsourcing*: Outsourcing kan användas för att öka flexibiliteten genom att reducera riskerna för lågt kapacitetsutnyttjande inom den egna organisationen.

- *Flexibla leverantörskontrakt:* Flexibilitet kan även uppnås vid förhandling av leverantörskontrakt genom att ha kontrakt vilka tillåter beställning av mindre orderkvantiteter samt försäkrar leveransförmåga även vid stora ökningar i efterfrågan. Denna typ av kontrakt kan i sin tur hjälpa köparen att minska osäkerheter och att hantera svängningar i efterfrågan.
- *Ledtidsreduktion:* En central del för att kunna uppnå flexibilitet är korta ledtider, eftersom detta ger ökad möjlighet att hantera osäkerheter i efterfrågan. Några exempel på hur ledtidsreduktion kan uppnås är genom förändring av inköpsprocesser eller genom att ställa högre krav på tidsaspekten vid val av leverantör.
- *Ställtidsreduktion:* Reducerande av ställtider ger ökad flexibilitet då processer att byta mellan olika produktvarianter förkortas i tid samt minskar i kostnad.
- *Alternativa rutter:* Genom att ha olika rutter för flödet inom såväl produktion som distribution ges en ökad flexibilitet genom fler alternativ.

### 3.6.4 Strategier för långsiktig volymflexibilitet

Att ha långsiktig volymflexibilitet i en försörjningskedja är ett sätt att klara av större förändringar i efterfrågan vilka till viss del kan förutses. Enligt Jack & Raturi (2002) finns val och strategier inom både interna och externa resurser vilka kan göras för att uppnå en långsiktig volymflexibilitet. Följande två externa strategier kan användas:

- *Fabriksnätverk (eng. network of plants):* Genom utökande och omläggningar av sitt nätverk av möjliga fabriker och leverantörer som kan tillverka produkterna ges en större förmåga att vid behov och med framförhållning kunna lägga om sin produktionsstrategi för att öka volymer och möta långsiktiga förändringar i efterfrågan.
- *Outsourcing-upplägg & strategiska allianser:* Genom användandet av outsourcing eller entreprenörer kan stora risker förknippade med att möta volymefterfrågan överföras på externa parter. Givetvis kan det medföra högre kostnader men ibland är det den enda möjligheten för att ha möjlighet att möta stora volymförändringar utan att själv göra stora investeringar. Även strategiska allianser kan användas i liknande syfte genom att exempelvis inkorporera leverantörerna mer i det egna arbetet för att öka sin responsivitet och minska kapitalbindningar.

Vidare kan, enligt Jack & Raturi (2002), tre interna områden och strategier användas för ökad långsiktig volymflexibilitet:

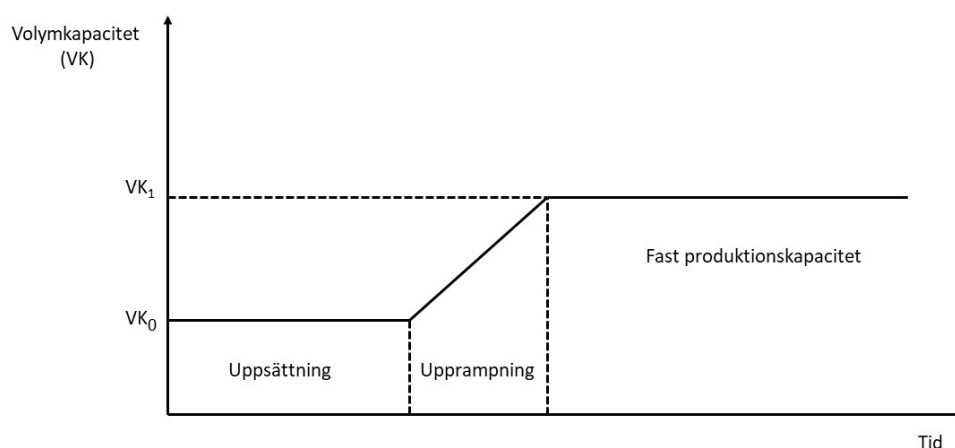
- *Fabrikskapacitetsförändringar:* Med ett långsiktigt perspektiv finns möjlighet att göra större förändringar i produktionen genom utbyggnad eller avveckling, detta kan vara kostsamt men nödvändigt för att effektivisera flödet och möta förändringarna i efterfrågan. Framtagande av alternativa produktionsmetoder vilka ger utrymme för att kostnadseffektiva volymförändringar kan också tillämpas för ökad långsiktig flexibilitet.
- *Förändringar i arbetskraft:* Genom att skapa flexibilitet i sin arbetskraft kan även volymförändringar mötas på ett mer kostnadseffektivt sätt. Att öka andel deltidspersonal jämfört med fast anställda gör att det blir lättare att minska arbetskraften vid nedgångar och öka den vid uppgångar i efterfrågan. Att kunna omfördela arbetskraft är också viktigt för volymflexibiliteten så att personal kan allokeras dit den behövs mest. Ytterligare en metod att öka volymflexibiliteten med sin arbetskraft är att se till att ha möjlighet att öka och minska antalet skift arbetskraften går efter för att långsiktigt kunna öka eller minska utefter efterfrågan.
- *Förändringar i planerings- och kontrollsystem:* Genom förändringar i hur produktionen och materialflödet planeras samt kontrolleras kan förändringar volym lättare förebyggas och upptäckas. Med ett gediget system för hur efterfrågeförändringar ska hanteras blir responsiviteten i hela produktionssystemet högre. Att dessutom bygga upp ett kontrollsystem med exempelvis noggranna prognoser gör att dessa förändringar upptäcks i tid.

## 3.7 Upprampning av produktion

I detta avsnitt ges teori kring upprampning (eng. *ramp-up*) och volymökning inom produktionen samt strategier för hur en upprampning kan genomföras.

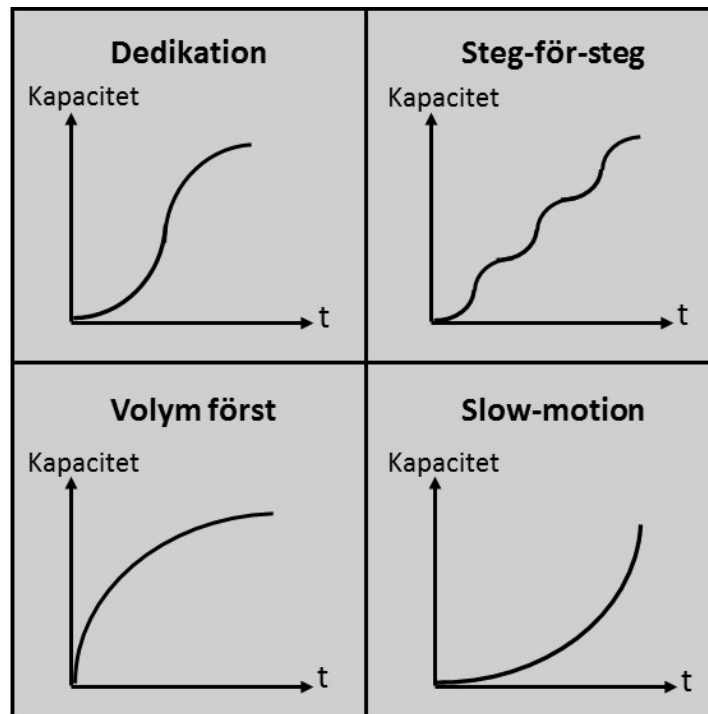
Upprampning av produktionen är benämningen på en process för att drastiskt öka produktionsvolymen. Processen är enligt Basse et al. (2014) en kritisk faktor för bolag inom tillverkningsindustrin. Dock är uttrycket upprampning inom litteratur främst förknippat med utveckling och lansering av nya produkter. Basse et al. (2014) definierar upprampning som fasen mellan färdig produkt och maximal produktion. Fjällström et al. (2009) definierar upprampning inom produktion som den initiala perioden av kommersiell produktion, när produktutvecklingen bör vara färdig. I detta avseende där alltså upprampning är det sista steget för att uppnå storskalig produktion, det vill säga att upprampning gör att produktionen går från att tillverka ingenting eller väldigt lite till att uppnå en fullskalig stabil produktion. Det finns en avsaknad av definitioner och litteratur gällande upprampning av produktionsvolymen för existerande produkter, där produktionsnivån ska öka från en stadig volym till en högre stadig nivå. Dock kan processen och strategierna för upprampning av nya produkter även vara relevant för redan introducerade produkter.

Upprampningsprocessen visas i Figur 14 och, består enligt Matta et al. (2007) av tre faser; *uppsättning*, *upprampning* och *fast produktionskapacitet*; där upprampningen, som tidigare beskrivet, är en del av hela utförandet. Uppsättning är den förberedande fasen där produkten utvecklas och produceras småskaligt, den kan i fallet vid redan introducerade produkter ses som fasen där förberedelser för hur volymökningen ska utföras planeras. Efterföljande fas, upprampning, är själva fasen när volymökningen exekveras för att gå från en lägre nivå till en högre. Sista fasen är då upprampningen är helt utförd och en ny stadig volym av produkten kan tillgodoses.



Figur 14 – Process för upprampning (Matta, et al., 2007)

Schuh et al. (2005) förklarar fyra olika strategier för upprampning, se Figur 15, vilka väljs efter följande parametrar: utnyttjandegrad, produktvariation, upprampningstid och frikopplingsnivå. Frikopplingsnivå syftar i detta fall på till vilken grad nuvarande produktionslinje används för den nya produkten. Strategierna kallas *volym först*, *slow-motion*, *dedikation* och *steg-för-steg* och presenteras nedan.



Figur 15 – Fyra strategier för upprampning (Schuh, et al., 2005)

*Volym först* är, enligt Schuh et al. (2005), den traditionella strategin där lönsamhet skapas genom att först skala upp volymen. Målet med strategin är att ha en hög volym snabbt efter produktintroduktionen. Detta ger hög prestation på parametrarna upprampningstid och utnyttjandegrad. Strategin passar främst för företag med höga volymer och få produkter. De övriga strategierna har i motsats till *volym först*-strategin fokus på att först skapa lönsamhet som sedan leder till volymökningar. Detta då det med högre komplexitet, som med fler produktvarianter, är svårt att balansera tillgången av sina flaskhalsar med drastiska volymökningar.

*Slow-motion*-strategin kännetecknas av att parallellt öka samtliga produktvarianters volym medan den totala volymen som helhet ökar långsamt. När samtliga tillverkningsprocesser är på plats kan sen volymen öka i större skala. Detta ger möjlighet att äldre modeller kan produceras under tiden samt att konflikter gällande resurser undviks. Parametrar i fokus är produktvariation och frikopplingsnivå och strategin passar system med hög automatisering och många produktvarianter.

*Dedikations*-strategin går ut på att upprampning sker av en produktvariant åt gången. Efterföljande varianter upprampningar sker enbart när den föregående processen är fullföljd. Parametrar i fokus är produktvariation och utnyttjandegrad och strategin är passande för företag som hanterar slutmontering av produkter och med hög logistisk förmåga.

*Steg-för-steg*-strategin är passande för företag med hög teknisk komplexitet och stor produktvariation. Upprampning sker med fokus på vad som krävs för respektive produkt och kännetecknas av flera frikopplingsnivåer. Parametrar i fokus är produktvariation och frikopplingsnivå.

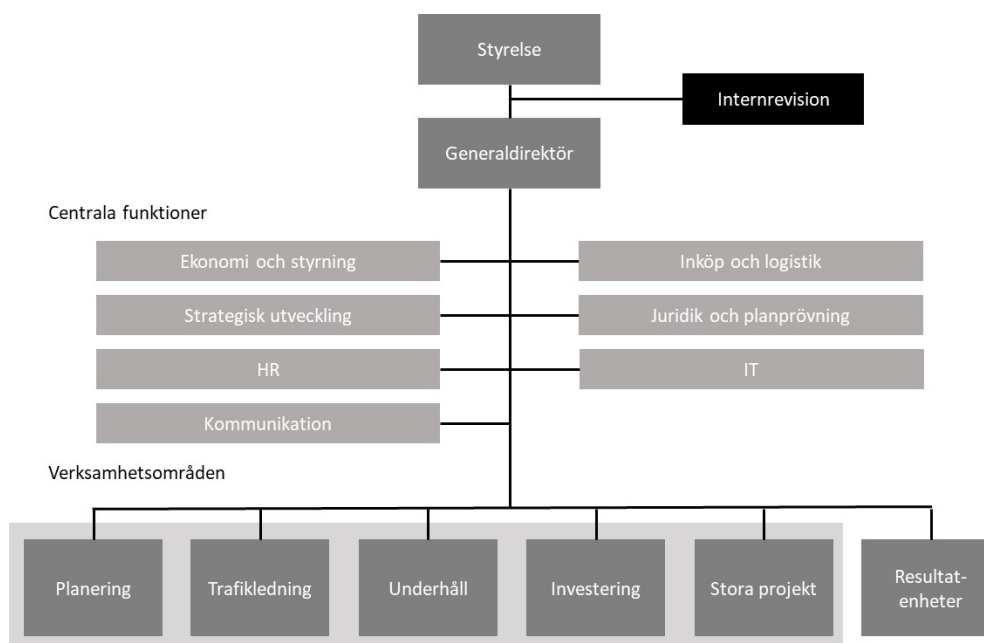
# 4 Empiri

I detta kapitel presenteras resultatet från datainsamlingen. Kapitlet inleds med en beskrivning av Trafikverkets organisation, beställarna i form av järnvägsprojekt, produkterna och hur produkterna används vid konstruktion av järnvägsanläggningar. Vidare beskrivs försörjningsnätverket med dess aktörer samt försörjningsprocessen. Slutligen presenteras resultatet av insamlade kvantitativ data uppdelad i områdena efterfrågan, försörjning samt produktion och distribution.

## 4.1 Organisation

Planeringen och genomförandet av järnvägsprojekt involverar en mängd aktörer inom olika områden av Trafikverket vilka på olika sätt påverkar materialförsörjningen av räler. För att ge läsaren en grundläggande förståelse för hur ett järnvägsprojekt genomförs och hur samspelet mellan olika områden inom Trafikverket fungerar ges i detta avsnitt en övergripande beskrivning av organisationen.

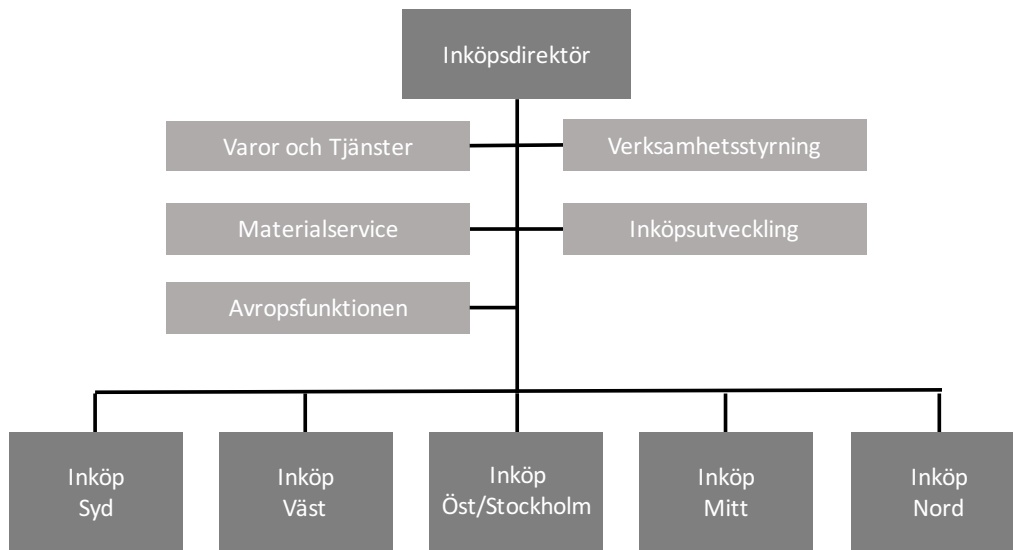
Trafikverkets organisationsstruktur är illustrerad i Figur 16. Organisationen är uppdelad i fem verksamhetsområden vilka genomför verksamhetens huvudprocesser samt sju centrala funktioner, vilka har ett övergripande ansvar för sitt område inom hela Trafikverket.



Figur 16 – Trafikverkets organisationsstruktur

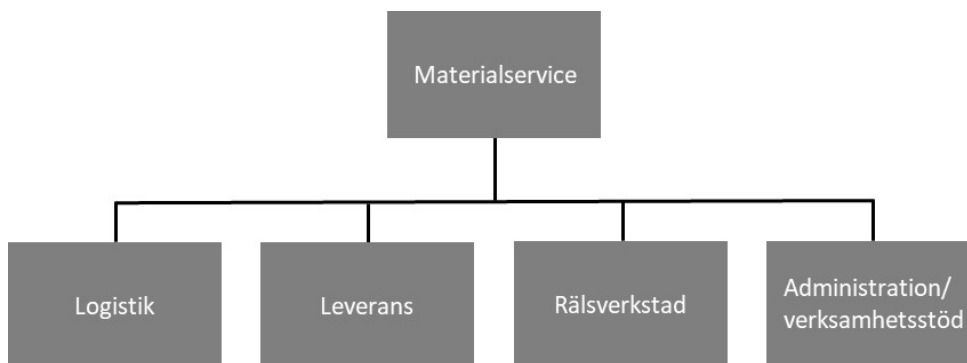
Verksamhetsområdet *Planering* identifierar och planerar behov av åtgärder i järnvägsnätet vilket lägger grunden till att ett järnvägsprojekt blir aktuellt. Ansvaret för planeringen av genomförandet av projektet tillfaller något av verksamhetsområdena *Underhåll*, *Investering* eller *Stora projekt*, beroende på vilken typ av projekt det rör sig om samt projektets omfattning. För själva utförandet av åtgärden upphandlar Trafikverket entreprenader av fristående aktörer. De olika entreprenörerna utgörs av ett relativt fåtal aktörer inom järnvägsverksamhet. Även entreprenörerna använder sig i sin tur, till viss del, av ett antal underleverantörer för att utföra de olika aktiviteterna i järnvägsprojektet.

Den centrala funktionen *Inköp och logistik* ansvarar för inköpsverksamheten i hela organisationen. Detta inbegriper såväl upphandling av entreprenader samt inköp och försörjning av material. *Inköp och logistik*s organisationsstruktur visas i Figur 17.



Figur 17 – Inköp och logistik organisationsstruktur

I *Inköp och logistik* ingår avdelningen *Materialservice*, vars organisation visas i Figur 18, vilken ansvarar för att tillgodose försörjningen av *tekniskt godkänt material* till järnvägsanläggningar under hela anläggningens livstid. Avdelningen fungerar som Trafikverkets logistikorganisation för *tekniskt godkänt material*. Med detta menas att avdelningen ansvarar för prognoser, lagerstyrning, orderhantering, leverantörsbeställningar och transportplanering.



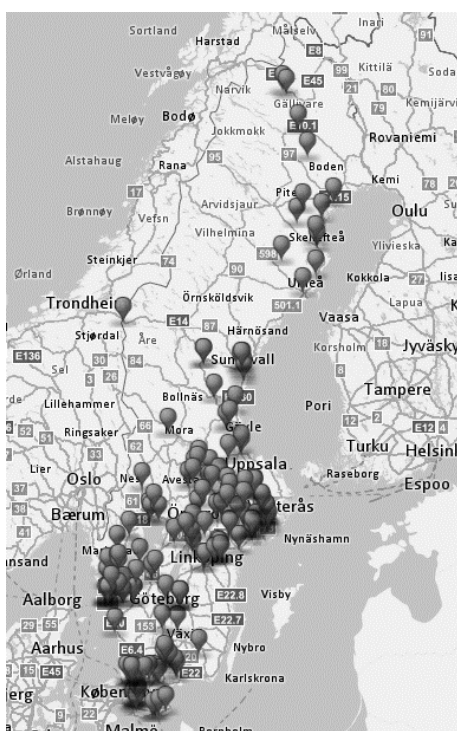
Figur 18 – Materialsservices organisationsstruktur



## 4.2 Järnvägsprojekt

Järnvägsprojekt innefattar alla de åtgärder vilka utförs på järnvägsnätet. Som tidigare nämnt ansvarar Trafikverket för såväl nybyggnationer, ombyggnationer och underhåll av det svenska järnvägsnätet, vilket innebär att de olika järnvägsprojekten är av mycket skiftande karaktär. Inom Trafikverket kategoriseras de olika typerna av projekt som *investerings-*, *reinvesterings-* eller *underhållsprojekt*. Det planeras och pågår ständigt ett antal järnvägsprojekt i Trafikverkets regi i olika delar av Sverige, se Figur 19.

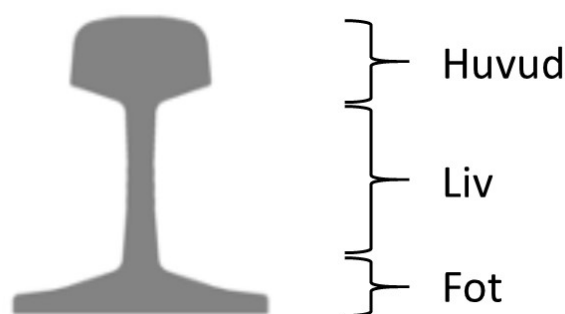
Investeringsprojekt innebär en utvidgning av funktionen i spårnätet, det vill säga att en järnväg byggs på en ny sträcka. Reinvesteringsprojekt innefattar de åtgärder som görs för att vidmakthålla eller återställa funktionen på en sträcka. Exempel på reinvesteringsprojekt är spårbyten på längre sträckor. Underhållsprojekt innefattar också åtgärder vilka görs för att vidmakthålla funktionen på befintliga sträckor. Dessa projekt inkluderar dock till större del det kontinuerliga planerade arbetet med att hålla järnvägsanläggningen i skick, vilket betecknas som *basunderhåll*, samt det akuta behov av underhåll som kan uppstå, vilket betecknas som *avhjälpande underhåll*. För investerings- och reinvesteringsprojekt upphandlas kontrakt med entreprenörer för enskilda projekt medan underhållsprojekt genomförs av entreprenörer vilka är kontrakterade att ansvara för underhållet av järnvägsanläggningen på en bestämd sträcka.



Figur 19 – Planerade och pågående järnvägsprojekt i Trafikverkets regi (Trafikverket, 2017)

## 4.3 Råler

Det svenska järnvägsnätet består av ett flertal sorters råler. Eftersom *Materialservice* har ansvar att tillgodose materialbehovet under hela järnvägsanläggningens livstid, ansvarar avdelningen för materialförsörjningen av alla dessa rälsorter. Som tidigare beskrivit är denna studie dock begränsad till att studera materialförsörjningen av fyra av dessa sorter. Dessa rälsorter är såväl de vanligast förekommande inom det svenska järnvägsnätet samt de som i absolut störst utsträckning används vid konstruktion av nya järnvägsanläggningar.



Figur 20 – Exempel på profil av vignolräl

Rälsorterna är av typen vignolräl, vilken finns illustrerad i Figur 20. De fyra rälsorterna kan särskiljas med avseende på deras profil och behandling. Med profil menas dimensionerna på rälens huvud, liv och fot. I Trafikverkets standardsortiment ingår två profiler: 60E1 samt 50E3. De profilerna båda förekommer i två varianter, värmebehandlad samt ej värmebehandlad. De fyra rälsorternas artikelbeteckningar och beskrivning visas i Tabell 8. Vilken rälsort som används i en järnvägsanläggning bestäms utifrån det förväntade tonnage, det vill säga utifrån vilken tålighet järnvägsanläggningen kräver. Det bör påpekas att även om rälsorterna skiljer sig åt gällande utformning, skiljer de sig inte åt gällande transport eller hur de hanteras i de produktionssteg som genomförs i rälsverkstaden.

Tabell 8 – Rälsorternas artikelbeteckning och beskrivning

| Artikelbeteckning | Beskrivning                       |
|-------------------|-----------------------------------|
| 60E1/R260         | Rälprofil 60E1, ej värmebehandlad |
| 60E1/R350LHT      | Rälprofil 60E1, värmebehandlad    |
| 50E3/R260         | Rälprofil 50E3, ej värmebehandlad |
| 50E3/R350LHT      | Rälprofil 50E3, värmebehandlad    |

Utöver profil och behandling, skiljer sig råler naturligtvis åt även med avseende på längd. *Materialservice* tillhandahåller ett sortiment av råler i såväl standardlängder som specialanpassade längder, vilket visas i Tabell 9. Inom Trafikverket förekommer de övergripande benämningarna *långräl* och *korträl*. För att underlätta läsningen definieras i denna rapport långråler som de råler vilka svetsats samman till längre längder i rälsverkstaden. Även om undantag förekommer innefattar långråler med denna definition längder vilka överstiger 120 meter. Med korträler innefattas således råler med längder upp till och med 120 meter.

Rälens längd har stor påverkan på hur materialförsörjningen sker eftersom olika längder kräver olika typer av utrustning för hantering och transport. Anledningen till det stora utbudet av längder är projektens olika behov och förutsättningar. Det bör påpekas att eftersom rälerna kan kapas eller svetsas till nya längder kan råler av samma sort men olika längd ses som substitut, snarare än olika produkter.

Tabell 9 – Materialservices sortiment av rärlängder

| Sortiment        | Beskrivning                             | Längder                                 |
|------------------|---|---|
| Standard         | Standardlängder från leverantör         | 20 meter, 40 meter, 60 meter, 120 meter |
|                  | Standardlängder kapade i rälsverkstaden | 8 meter, 12 meter                       |
| Specialanpassade | Svetsade långräler                      | Upp till 420 meter                      |
|                  | Kapade längder efter beställning        | Anpassade längder upp till 60 meter     |

## 4.4 Användning av räler i järnvägsprojekt

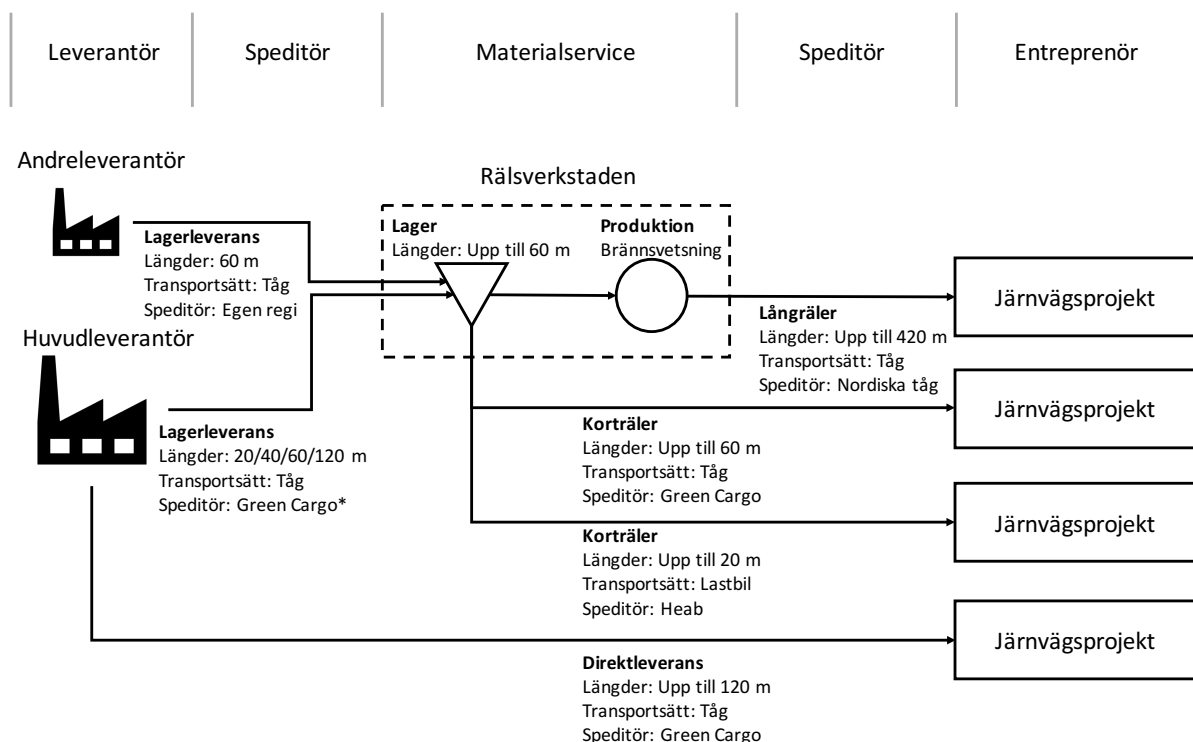
För att skapa en sammanhängande räls i järnvägsanläggningen svetsas rälerna samman till en enhet. Det finns huvudsakligen två svetsmetoder som Trafikverket använder sig, *termitsvetsning* och *brännsvetsning*. Metoden brännsvetsningen går ut på att två räler sammanförs under tryck och hög värme. Fogarna värms då upp och sätts samman utan behov av något tillfört material. Detta skapar en homogen svets, det vill säga enbart material från rälerna ingår i svetsen, som är mycket stark och av hög kvalitet. För metoden termitsvetsning sätts en form runt fogarna på rälerna och material tillförs för att skapa svetsen. Svetsen blir då ej homogen och kvaliteten är av klart lägre kvalitet än vid brännsvetsning, vilket ökar risken för rälsbrott.

Med Trafikverkets nuvarande upplägg görs brännsvetsning enbart i *rälsverkstaden*, med en fast anläggning, för att producera långräler. Termitsvetsning används sedan för att svetsa samman rälerna i järnvägsanläggningen. Eftersom varje skarv måste svetsas samman, påverkar längden på rälerna som används hur mycket arbete som måste utföras i järnvägsprojekten. Vid beställningar av stora mängder räler föredras därför i regel användandet av långräler, eftersom detta innebär att färre skarvar behöver svetsas på plats i spåret. Användandet av längre längder i järnvägsprojekten är även att föredra eftersom det innebär att färre skarvar måste termitsvetsas, vilket innebär högre kvalitet på järnvägen. Dessutom är tillgången på de svetslag, det vill säga personer med kunskap och behörighet att utföra termitsvetsning, begränsad. På grund av långrälernas längd kan det dock finnas förutsättningar i järnvägsprojekten, exempelvis begränsad framkomlighet, vilken gör att kortare längder måste användas. För beställningar av mindre mängder och längder, exempelvis till akuta underhållsarbeten, finns ett behov av att kunna beställa specialanpassade kortare längder för att såväl minska materialåtgång som för att underlätta hantering.

Trafikverket har genomfört tester av möjligheten till använda tillverkningsmetoden *mobil brännsvetsning*. Metoden använder samma svets teknik, brännsvetsning, som i *rälsverkstaden* men genom att utrustningen är mobil möjliggörs brännsvetsning av räls även på plats vid järnvägsprojekten. Vid användning krävs därför ej långräler utan produktionen kan ske direkt i spåret. Dessutom innebär metoden att termitsvetsning helt kan undvikas eftersom alla skarvar kan brännsvetsas i järnvägsanläggningen. Metoden har nyligen godkänts av Trafikverket men har enbart använts vid ett fåtal projekt i Sverige, däribland byggnationen av Citybanan i Stockholm och vid byggnation av dubbelspår mellan Veland och Prässbo 2012. Vid projekten användes korträler av längden 20 respektive 60 meter. Svetskvaliteten bedömdes vid dessa projekt vara av en likvärdig kvalitet som vid brännsvetsning i *rälsverkstaden*. I jämförelse med termitsvetsning innebär mobil brännsvetsning en mycket högre kapacitet, vid dessa projekt kunde 35 respektive 60 svetsningar genomföras per dag. I dagsläget är enbart en av Trafikverkets entreprenörer certifierad att använda mobil brännsvetsning. Det framgår dock att även andra leverantörer ser fördelar med att använda tillverkningsmetoden.

## 4.5 Försörjningsnätverk

I Figur 21 visas en övergripande bild av Trafikverkets försörjningsnätverk för räler, från leverantör vilka är stålproducenter lokaliserade i Europa till järnvägsprojekten i olika delar av Sverige. Figuren visar de olika flödesvägar och transportsätt som används för att förse projekten med material. I huvudsak sker leveranserna till *rälsverkstaden* i Sannahed, men det förekommer även direktleveranser till projekt. Från leverantörer sker leveranser uteslutande med tåg men från *rälsverkstaden* förekommer även leveranser av kortare räler med lastbil. I avsnitten nedan ges en mer detaljerad beskrivning av de olika aktörerna i försörjningsnätverket.



Figur 21 – Försörjningsnätverk av räler. \*Green Cargo används enbart i Sverige, utomlands kontrakterar huvudleverantören andra speditörer.

### 4.5.1 Leverantörer och transportsätt

Vid upphandling av leverantörer riktar sig Trafikverket framför allt till den europeiska marknaden. Enligt avdelningschefen vid *varor och tjänster* och inköparen av räler beror detta främst på att det under flera år funnits en överkapacitet hos rälproducenterna på den europeiska marknaden vilket inneburit fördelaktiga inköpspriser men även på att det anses vara det enda rimliga alternativet ur ett transportperspektiv. Inköparen av räler beskriver att Trafikverket är en liten aktör på den europeiska marknaden och utgör en till två procent av leverantörernas totala volym. Trots detta har Trafikverket konkurrenskraftiga inköpsvillkor i jämförelse med andra, större aktörer enligt avdelningschefen vid *varor och tjänster* och inköparen av räler.

Trafikverket använder sig av två leverantörer av räler, *voestalpine Schienen GmbH* och *British Steel France Rail AS*. Rälerna levereras från leverantörernas valsverk belägna i Österrike respektive Frankrike. Leverantörskontrakten sträcker sig över flera år och förbinder leverantörerna till att ha möjlighet att leverera en viss volym enligt Trafikverkets årliga prognos. Enligt nuvarande kontrakt är Trafikverket förbundet att köpa in 80 % av sin volym av räler från huvudleverantören och resterande 20 % från andreleverantören.

Från leverantörerna beställs korräler i längder från 20 till 120 meter. Från andreleverantören beställs endast 60-meterslängder och leveranserna sker enbart till *rälsverkstaden*. Beställningar från huvudleverantören görs av samtliga av de standardlängder vilka visas i Tabell 9 och levereras såväl till *rälsverkstaden* som direkt till projekt.

På grund av de stora volymer som beställs och rälernas längd är de transportsätt som kan användas vid leveranser i de flesta fall begränsade till tågtransport och båttransport. Vid upphandling av leverantörskontrakt tillåts båda transportsätten, även om leveranser idag enbart sker med tåg. Det har dock tidigare gjorts försök av andreleverantören att leverera med båt till Lysekil. I detta fall levererades en mängd motsvarande den totala beställningsvolymen för året till hamnen där rälerna lagerhölls. Leverantören ansvarade då för lagret i hamnen varifrån beställningar kunde göras successivt till *rälsverkstaden*. Trafikverket valde dock att inte fortsätta med detta upplägg utan istället övergå till transporter med tåg. Anledningen till detta var enligt inköparen av räler att upplägget innebar att rälerna lagerhölls nära saltvatten, vilket ökar korrosionen, samt att försörjningen till *rälsverkstaden* ansågs fungera dåligt.

Båttransport används också av vissa leverantörer vid leveranser till andra länder. I studien genomfördes en intervju med avdelningschefen vid *varor och tjänster* som har deltagit i ett studiebesök vid Finlands motsvarighet till Trafikverket, *Liikennevirasto*, för att där studera hur båttransport används vid materialförsörjning av räler. Från den rapport som sammanställdes vid studiebesöket framgår det att Finland, i likhet med i Sverige, används svetsade långräler vid järnvägsprojekt. Långrälsproduktionen är placerad i Kaipianen i sydöstra delen av landet. Leverantören levererar i detta fall korräler av längden 50 meter till en hamn i Kotka. Från hamnen i Kotka levereras rälerna efter omlastning med tåg till *Liikennevirastos* lager i Kaipianen. Enligt leverantörens villkor är den minsta beställningskvantiteten 2 500 ton per beställning vilket motsvarar ungefär 40 000 meter räler. Det leveransvillkor som används är DDP med leveranspunkt i Kaipianen, vilket innebär att leverantören ansvarar för såväl lagring och omlastning i hamnen som transporten från Kotka till Kaipianen.

## 4.5.2 Materialservice

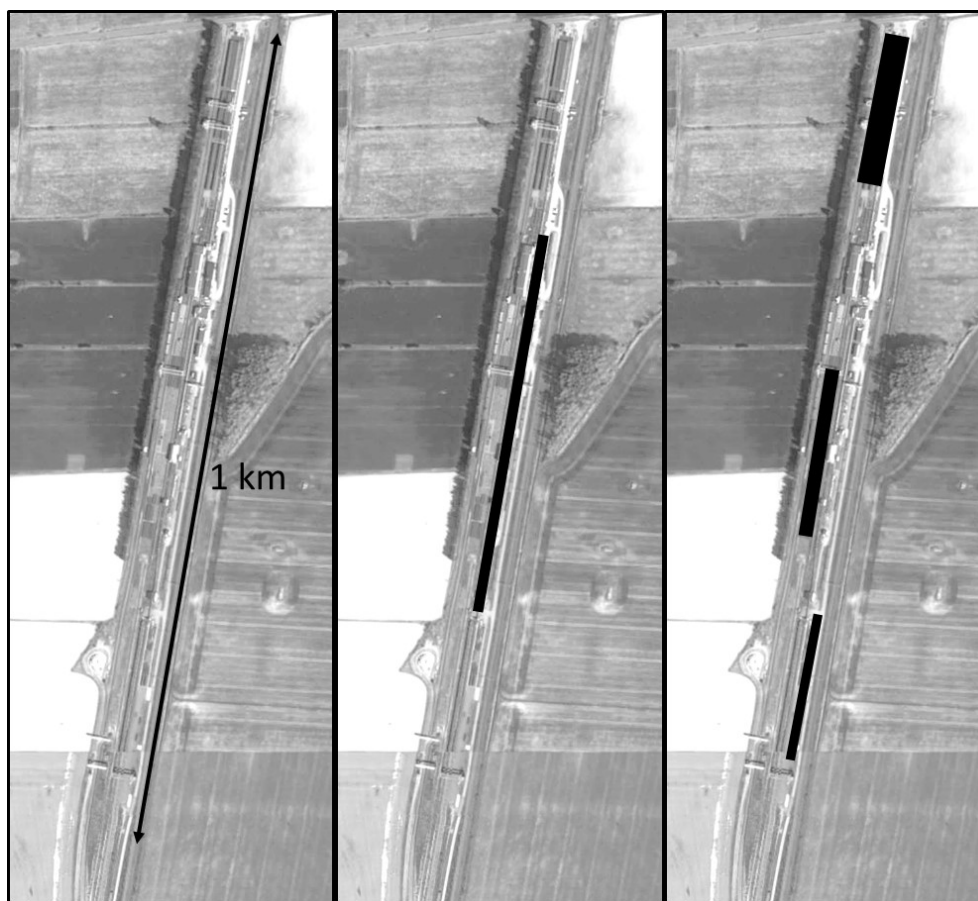
*Materialservice* består av delarna *Logistik*, *Leverans*, *Rälsverkstad* och *Administration/verksamhetsstöd*, se Figur 18. Avdelningen *Materialservice* är på de två orterna Nässjö och Hallsberg, vilka båda är knutpunkter i det svenska järnvägsnätet. Nedan beskrivs de delar av verksamheten på de båda orterna vilka är involverade i materialförsörjningen av räler.

### Avdelningen i Nässjö

I Nässjö återfinns det centrallager för en stor del av produkterna inom kategorin *tekniskt godkänt material*, undantaget räler. I Nässjö finns även ledningen för *Materialservice* och den största delen av avdelningens administrativa personal. De roller vilka är direkt involverade i materialförsörjningen av räler inkluderar avdelningschef, logistikchef, materialplanerare, projektlogistiker och orderkoordinatorer. De aktiviteter i materialförsörjningen av räler vilka involverar personalen i Nässjö inkluderar orderhantering, beställningar från leverantör, framtagning av prognoser, produktionsplanering och lagerstyrning. Personalen i Nässjö sköter på så sätt styrningen av materialförsörjningen av räler men dessa aktiviteter involverar till stor del såväl personal i *rälsverkstaden* som inom de olika verksamhetsområdena. Avdelningens ledning är även involverad i den strategiska utvecklingen av materialförsörjningen av *tekniskt godkänt material* tillsammans med olika ansvarsområden inom *Inköp och logistik*.

## Rälsverkstaden

*Rälsverkstaden* innehåller produktion i form av svetsning och kapning av räler men fungerar även i viss mån som ett centrallager för räler. Produktion av långräler sker genom brännsvetsning av korträler vilka lagerhålls på anläggningen. *Rälsverkstaden* har dessutom i uppgift att lagerhålla och distribuera korträler för leveranser, utan produktion, till järnvägsprojekt. Anläggningen består av en produktionslinje för brännsvetsning av långräler samt tre områden för lagring av korträler, se Figur 22. På anläggningen finns ett antal kappar vilka används för att anpassa rälerens längd efter beställningar utanför standardsortimentet. För lossning, lastning och övrig hantering av räler finns flertalet kranar på anläggningen. Det finns i dagsläget två kranar vid det övre lagerområdet, se Figur 22, och en kran vid de nedre. För att lyfta en räl krävs en kran var 40:e meter vilket innebär att det idag kan hanteras räler av längder upp till 80 meter. Det pågår just nu en installation av en tredje kran för att kunna hantera längder upp till 120 meter. Det finns 13 anställda på *rälsverkstaden* vilket innefattar operatörer, produktionsplanerare och en platschef. *Rälsverkstaden* arbetar normalt under enskift men under perioder med hög belastning används extrapersonal för att kunna arbeta i tvåskift.



Figur 22 - Tre bilder över rälsverkstadens anläggning. Bilden i mitten markerar produktionslinjen och bilden till höger markerar områdena för lagring av korträler.

### 4.5.3 Beställare

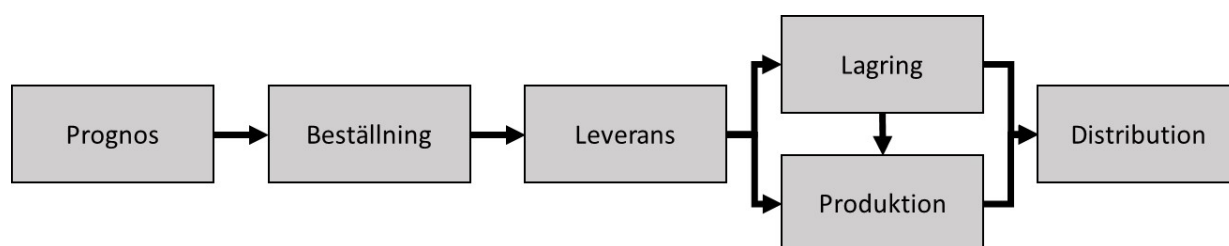
Beställare av materialet är järnvägsprojekten. I regel genomförs beställningarna av projektledare inom Trafikverket eller hos entreprenörerna. Mottagarna av räler är entreprenörerna eller de underleverantörer som entreprenörerna använder sig av.

#### 4.5.4 Speditörer

Trafikverket upphandlar transporttjänster från tre olika speditörer för att utföra transporter från *rälsverkstaden* till järnvägsprojekt. För transporter av långräler används *Nordiska tåg*, för transporter av korträler med tåg används främst *Green Cargo* men det finns även möjlighet att använda *Nordiska tåg*. För leveranser av korträler med lastbil används *HEAB*.

### 4.6 Försörjningsprocessen

I detta avsnitt beskrivs materialförsörjningsprocessen huvudsakliga steg för att tillhandahålla räler till järnvägsprojekt. Materialförsörjningsprocessen, se Figur 23, innehåller sex steg. Beroende på vilken sorts produkt och vilka mängder som önskas samt vilket transportsätt ingår inte nödvändigtvis samtliga steg i processen.



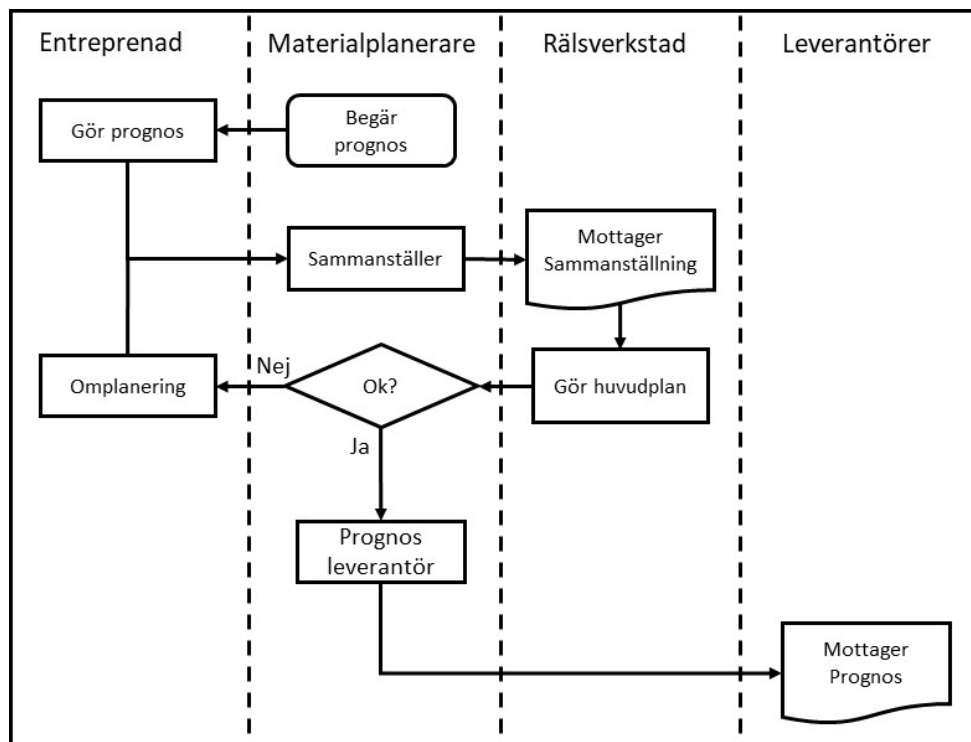
Figur 23 – Övergripande materialförsörjningsprocess för räler

#### 4.6.1 Administration – Prognos och beställning

Administration av materialförsörjningen styrs, som ovan nämnt, av *Materialservice* i Nässjö. *Materialservice* använder sig av informationssystemet M3 från Infor, vilket är ett avancerat ERP-program. M3 är det verktyg som används för att styra och kontrollera materialförsörjningen genom att registrera ordrar och lagersaldon. Samtliga enheter inom *Materialservice* har tillgång till programmet för att förenkla informationsutbyte mellan exempelvis personalen i *rälsverkstaden* och orderkoordinatorerna.

##### Prognos

Under hösten beräknas prognoser inför kommande år och en *huvudplan* skapas. Detta i syfte för att säkra upp kapacitet i produktion och tillgodose behovet av räler från leverantör. Huvudplanen innehåller information om vilka projekt som ska mottaga långräler vilket datum, produktionsplanen för *rälsverkstaden* samt en beställningsplan av räler till leverantör. Det sker en omfattande process för framtagandet av huvudplanen, se Figur 24. Under årets lopp sker även förändringar i huvudplanen kontinuerligt i och med att förutsättning för projekt och leveranser ändras. Processen går ut på att materialplaneraren från *Materialservice* samlar in prognoser från projekt gällande behov, dessa sammanställs skickas till *Rälsverkstaden*. De gör i sin tur en produktionsplanering för att se om möjligheten finns till att producera enligt projekts önskan, planeringen resulterar i en huvudplan. Är inte detta möjligt ombes projekten att planera om till andra datum för att produktionen ska klara av behovet. När en genomförbar huvudplan är framtagen görs, tillsammans med övriga behov, en prognos av materialplaneraren som skickas till leverantörerna. Utifrån huvudplanen avropar sedan järnvägsprojekten med mer exakta specifikationer vad de behöver minst sex veckor innan leverans. Huvudplanen används också för att materialplaneraren ska veta när beställningar av korträler till långrälsproduktionen ska läggas.



Figur 24 – Process för framtagande av initial huvudplan

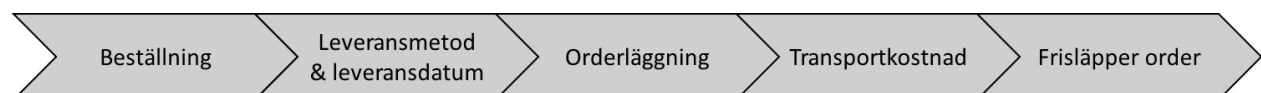
### Beställningar från leverantör

Alla beställningar från leverantör görs av materialplaneraren. Vid beställningar av räler till långrälsproduktionen tillämpas i största möjliga mån JIT-leveranser i avseendet att beställningar görs av den mängd som ska produceras och inleverans planeras till dagar nära inpå då produktionen ska äga rum. Detta för att minska lagernivåer och för att undvika omlastningar. Rälerna kan då istället lastas av från tågagnen och placeras direkt på produktionslinjen istället för att först placeras i lagret. Beställningarna av räler till produktion utgår ifrån huvudplanen och görs en gång i kvartalet.

För beställningar av räler vilka lagerhålls och distribueras som korråler genereras det, för de rälsorter med högst åtgång, orderförslag i M3 som sedan kontrolleras och skickas. För övriga rälsorter ses lagernivåer över manuellt en gång i månaden och beställningar läggs utifrån dessa nivåer och historisk åtgång. Direktleveranser från leverantör, alltså de order som skickas direkt till järnvägsprojekt utan att passera *rälsverkstaden*, beställs i samband med att entreprenörer lägger beställningen till *Materialservice*.

### Beställningar av järnvägsprojekt

Beställningar som görs till järnvägsprojekt hanteras av orderkoordinatorerna på *Materialservice*. Beställarna är entreprenörer eller Trafikverkets projektledare för projektet. Processen, se Figur 25, innehåller flertalet steg och beroende på vilken metod som används av beställaren ingår nödvändigtvis inte samtliga steg av processen.



Figur 25 – Process för hantering av kundorder



Beställningen sker genom något av tre följande sätt:

- *EDI (Electronic Data Interchange)*: Beställarens affärssystem överför order i ett format som direkt kan importeras av M3 vilket kräver minst hantering av orderkoordinatorer. Ordern behöver enbart registreras med transportkostnad och frisläppas i systemet.
- *Materialkatalog*: Beställaren använder *Materialservices* digitala materialkatalog. Likt EDI registreras denna direkt i M3 och orderkoordinatören väljer transportsätt, registrerar transportkostnad och frisläpper ordern.
- *Mail*: Orderkoordinatorerna behöver själva registrera orden i M3 vilket kräver mest hantering av de olika alternativen då samtliga steg i processen måste utföras.

I dagsläget görs majoriteten av beställningar via materialkatalogen och EDI, enbart ett fåtal görs via mail. Om beställaren har lagt ordern via mail väljs leveranssätt och leveransdatum av orderkoordinatören och ordern behöver manuellt registreras, vilket annars ges som förslag direkt från M3. Nästkommande steg är att orderkoordinatören lägger till transportkostnad för ordern. Detta görs genom en kostnadsmodell uppbyggd i Excel där orten skrivs in och utifrån detta räknas kostnaden ut. Det finns separata modeller för del olika transportsätten och speditörerna. När transportkostnaden är tillagd frisläpps ordern och skickas då iväg till *rälsverkstaden* som hanterar bokning av transport alternativt, vid direktleveranser, till materialplaneraren.

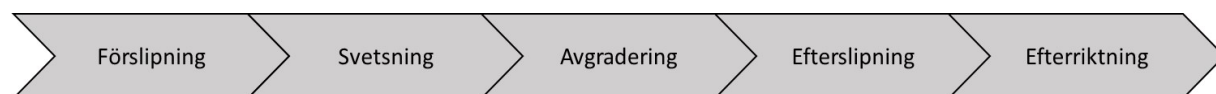
#### 4.6.2 Leveranser från leverantör

Leverantörsleveranser kan delas upp i lagerleveranser och direktleveranser. Leveransvillkoret är enligt Incotermen DDP, vid beställningar av fulla koppel, vilket innebär att leverantören står för samtliga kostnader och risker för leveransen fram till avtalad leveranspunkt. Storleken på ett koppel varierar mellan vilken rälsprofil och rällängd som beställs, se Appendix A. Ledtiden från beställning till leverans är enligt avtal 20 till 25 dagar för huvudleverantören och tio till 66 dagar för andreleverantören. Ledtiderna kan dock variera vilket beror på att leverantörerna tillverkar olika rälsorter i större serier och alla rälsorter finns därför inte tillgängliga direkt vid order.

Andreleverantören levererar enbart till lager och använder sig av flertalet speditörer medan huvudleverantören, som har både lager- och direktleveranser använder sig av Green Cargo. Leveranserna sker då till en utav Green Cargos så kallade taxepunkter vilka finns utspridda över hela Sverige. Det innebär att entreprenören på järnvägsprojekten behöver transportera vagnarna den sista sträckan.

#### 4.6.3 Produktion av långräler

Produktionen av långräler sker, som ovan beskrivet, i *rälsverkstaden*. Processen består av fem steg, se Figur 26, som görs i följd på produktionslinjen. Råmaterialet i processen är huvudsakligen korträler av längden 60 meter. Dessa lastas på produktionslinjen allt eftersom och svetsas samman till en enhet i brännsvetsanläggningen. Lastning sker antingen från lagret eller direkt från inkommande leverans från leverantör. Eftersom produktionen sker genom brännsvetsning krävs ingen tillförsel av övriga material. I Figur 26 visas de olika stegen i processen vilka beskrivs mer detaljerat nedan.



Figur 26 – Process för produktion av långräler

1. *Förslipning*: Rälernas ändytter slipas för att bli metalliskt rena och uppnå goda kontaktytor.
2. *Svetsning*: Rälerna svetsas samman genom brännsvetsning, vilket innebär att enbart värme och högt tryck används. Detta för att få en homogen och stark svets.
3. *Avgradning*: Överskottsmaterial från svetsen tas bort.
4. *Efterslipning*: Svetsen slipas för att jämna ut den med rälerna.
5. *Efterriktning och slutkontroll*: Svetsen riktas och kontrolleras för att se att alla toleranser är uppnådda.

Från produktionslinjen lastas rälerna direkt in i transportmedlet, de så kallade långrälsseten. Rälerna skjuts på långrälsseten då lyft med kran ej är möjligt. Med ordinarie personal har *rälsverkstaden* möjlighet att ungefär fylla ett långrälsset per vecka, vilket motsvarar 11 760 meter räl.

#### 4.6.4 Lagring

Trafikverket har ett lager hos huvudleverantören för lagring av räl av längden 60 meter i samtliga fyra sorter. Lagret uppgår till ungefär 2 000 meter av vardera sort.

I *rälsverkstaden* lagras samtliga rälsorter i de standardlängder vilka presenterades i Tabell 9. Rälerna förvaras utomhus i ställningar där rälerna staplas ovanpå varandra. Lagren fungerar såväl som produktionsbuffert för långrälsproduktionen och som centrallager för korträler. Som tidigare nämnt tillämpas till stor del JIT-leveranser till produktionen men vid förseningar eller mindre tillverkningsserier förses produktionen med räl ifrån lagren. I bilden längst till höger i Figur 22 är de tre områdena där räl lagras vid *rälsverkstaden*. Vid det översta området lagras 60-meterslängder främst för produktion av långräl. Vid det mellersta lagras längderna 40, 20, 12 och 8 meter för korträlsleveranser och det nedersta 8 och 12 meter för leveranser med lastbil. Den enda möjlighet som finns till lagring av långräl är på de långrälsset som används vid transport. Detta eftersom det inte finns utrustning för att hantera lyft av långrälerna på grund av deras längd.

#### 4.6.5 Distribution

Distribution syftar på transporten av räl från *rälsverkstaden* till järnvägsprojekt. Hur distributionen sker skiljer sig till stor del åt mellan korträler och långräl. För distribution av korträler används antingen lastbil eller tågtransport vilket beror på vilken kvantitet och rällängd som beställs. Är rälerna 20 meter eller kortare sker leveransen med lastbil. Vid beställningar av större kvantiteter eller längre längder, upp till 60 meter, sker leveranser med rälerna med tåg där rälerna lastas i öppna vagnar. Dessa leveranser utförs av Green Cargo samt till viss del även av Nordiska tåg. Green Cargo levererar, på samma sätt som vid direktleveranser, godset till närmaste taxepunkt. Leveranser med Nordiska tåg finns möjlighet att leverera ända fram till platsen för järnvägsprojektet. De vagnar som används vid leveranser kan tillhandahållas av speditören men på Trafikverket äger också 41 stycken egna vagnar som kan användas vid leverans av korträler. Ledtiden för transporter med lastbil är i regel en dag eller mindre medan transporten med tåg tar en till två dagar.

Distribution av långräl sker uteslutande med tågtransport men för detta krävs speciella långrälsset. Trafikverket äger tre uppsättningar av långrälsset, vilka är de enda av sitt slag i Sverige, som används för distributionen av långräl. Leveranser av långräl utförs, som ovan beskrivet, av Nordiska tåg och transporteras hela vägen fram till järnvägsprojektet. På grund av att transporter av långräl är begränsade till att endast köra i 60 kilometer i timmen är ledtiden för dessa transporter två till tre dagar.

## 4.7 Kostnader i materialförsörjningen

I detta avsnitt presenteras kostnader för Trafikverket förknippade med materialförsörjningen av räler från inköp till att ett järnvägsprojekt är försörjt. Det bör påpekas att samtliga kostnader bekostas av olika kostnadsställen så som *Materialservice* eller järnvägsprojekten men blir i slutändan alltid en kostnad för Trafikverket som helhet.

Vid anskaffandet av räler från leverantör bekostas Trafikverket i och med leveransvillkoret DDP endast av inköpspriset för rälererna. De enda kostnader att ta hänsyn till vid beställning från leverantör är därför inköpspriset, vilket då inkluderar transportkostnader. Detta gäller dock med ett undantag, vilket är då beställningar inte fyller upp hela koppel. Det tillkommer då en kostnad för transporten från leverantör. Inköpspriserna skiljer sig åt mellan vilken rälsort som önskas men inte beroende på längd, det vill säga att det för varje rälsort är ett fast meterpris.

Vid *rälsverkstaden* uppkommer flertal kostnader bortsett från produktionen. Dessa inkluderar lagerhållning samt hantering i form av lastning och lossning samt kapning av kortare längder. För *Materialservice* uppstår även administrativa kostnader för orderläggning, projektplanering och produktionsplanering. För att täcka dessa omkostnader har *Materialservice* ett prispålägg vilket bekostas av järnvägsprojekten. Detta prispålägg tillkommer oavsett om räler går från lagret eller direkt från leverantör.

Vid behov av långräler uppkommer även kostnader för produktion av dessa i *rälsverkstaden*. Likt omkostnader sker det, av *Materialservice*, ett prispålägg per meter långräl. Ytterligare transportkostnader tillkommer för leveranser från lagret oavsett om det är korträler eller långräler som försörjs. Transportkostnaderna är beroende på transportsätt, speditör, volym och avstånd läggs av *Materialservice* på fakturan till järnvägsprojekten genom en schablonuträkning.

Transporten bokas av *Materialservice* och innefattar att räler levereras utan lossning fram till närmaste taxepunkt för leverans av korträler och fram till järnvägsprojekt för leveranser av långräler. För korträler tillkommer därför en kostnad av transport från taxepunkten till järnvägsprojekten vilken utförs av entreprenören. Dessutom tillkommer det för samtliga leveranser kostnader för lossning vilken även den utförs av entreprenören. Utöver dessa kostnader belastas järnvägsprojekten även av kostnader för utförandet av spårläggningen eller spårbytet vilket bland annat varierar utifrån rällängd då fler eller färre termitsvetsar i spår behöver utföras.

## 4.8 Efterfrågan

I detta avsnitt ges en beskrivning av hur efterfrågan av räler ser ut sett till volym, fördelningar mellan produkter, fördelning över året, framförhållning av beställningar samt den förväntade förändringen i volym.

### 4.8.1 Volym

I Tabell 10 visas den volym av olika rällängder som beställts till järnvägsprojekt de senaste åren. Volymen som beställs beror som tidigare beskrivit på antalet projekt som genomförs. Det framgår även av tabellen att den absolut största volymen beställs som långräler och att den övriga volymen till största del utgörs av beställningar av längre standardlängder.

Tabell 10 – Beställningsvolymen 2013-2017

|                  | 2013      | 2014      | 2015      | 2016      | 2017      |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Total</b>     | 648 272 m | 790 864 m | 727 096 m | 730 944 m | 526 698 m |
| <b>Långräler</b> | 530 500 m | 462 460 m | 499 560 m | 465 600 m | 395 050 m |
| <b>Korträler</b> | 117 772 m | 328 404 m | 227 536 m | 265 344 m | 131 648 m |
| 120 meter        | 22 800 m  | 64 800 m  | 28 920 m  | 77 520 m  | 18 960 m  |
| 60 meter         | 24 540 m  | 30 000 m  | 81 960 m  | 57 600 m  | 16 140 m  |
| 40 meter         | 42 880 m  | 176 640 m | 60 200 m  | 78 320 m  | 44 040 m  |
| 20 meter         | 23 580 m  | 51 500 m  | 49 040 m  | 44 240 m  | 47 100 m  |
| 12 meter         | 2 268 m   | 2 928 m   | 3 864 m   | 4 464 m   | 2 952 m   |
| 8 meter          | 1 704 m   | 2 536 m   | 3 552 m   | 3 200 m   | 2 456 m   |

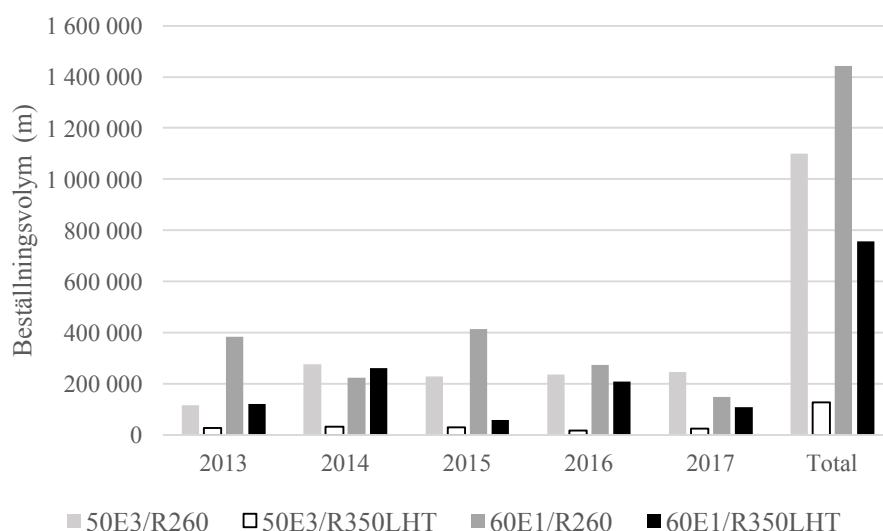
Beställningskvantiteterna skiljer sig till stor del åt, såväl mellan olika rärlängder som mellan olika beställningar. Detta framgår genom att betrakta de genomsnittliga beställningskvantiteterna, se Tabell 11, samt fördelningen av beställningskvantiteter, se Appendix A. Längre längder beställs generellt sett i större kvantiteter än kortare, vilket beror på att dessa föredras vid större projekt. Det framgår dock av Appendix A och Appendix B att det förekommer ett flertal undantag där långa längder beställs i små kvantiteter och vice versa.

Långräler beställs nästan uteslutande i stora kvantiteter på grund av att de måste transporteras med långrälsset. När mindre kvantiteter av långräler beställs samlas beställningarna för att minska antalet transporter. Att korträler beställs i stora kvantiteter kan som tidigare nämnt bero speciella förutsättningar i projektet. Det kan också bero på begränsad kapacitet i långrälsproduktionen och att korträler därför används som substitut. När stora kvantiteter av korträler beställs sker leveransen oftast direkt från leverantör. Dessa beställningar görs i regel av fulla koppel för att undvika extra transportavgifter från leverantören. Alla de korträler som tillhandahålls i rälsverkstaden används i stor utsträckning även vid mindre underhållsprojekt där behovet av räler är mindre, vilket förklarar att dessa har en större spridning i beställningsstorlekar. Genom att betrakta beställningskvantiteterna och beställningsvolymerna tillsammans framgår det att den största andelen av volymen utgörs av ett fåtal beställningar av långräler, cirka 70 till 100 beställningar per år.

Tabell 11 – Genomsnittlig volym per beställning till järnvägsprojekt baserat på beställd volym och antal beställningar 2013-2017

|                | Antal beställningar | Total beställd volym | Genomsnittlig beställningskvantitet |
|----------------|---------------------|----------------------|-------------------------------------|
| <b>Långräl</b> | 414 st              | 2 353 170 m          | 5 684 m                             |
| <b>120 m</b>   | 54 st               | 213 000 m            | 3 944 m                             |
| <b>60 m</b>    | 175 st              | 210 240 m            | 1 201 m                             |
| <b>40 m</b>    | 366 st              | 402 080 m            | 1 099 m                             |
| <b>20 m</b>    | 1608 st             | 215 460 m            | 134 m                               |
| <b>12 m</b>    | 569 st              | 16 476 m             | 29 m                                |
| <b>8 m</b>     | 809 st              | 13 448 m             | 17 m                                |

Figur 27 visar den variation i beställningsvolymen som finns mellan olika rälsorter och år. Åtgången av de olika rälsorterna beror på dels på vilken sort som föredras vid investeringsprojekt men även på i vilken utsträckning de olika sorterna används i järnvägsnätet, eftersom detta påverkar hur stort behov som finns till underhållsprojekt. Den årliga variationen beror på att olika rälsorter behövs i olika stor utsträckning beroende på vilken typ av projekt som genomförs. Från Figur 27 framgår det även att den största beställningsvolymen utgörs av tre rälsorter.

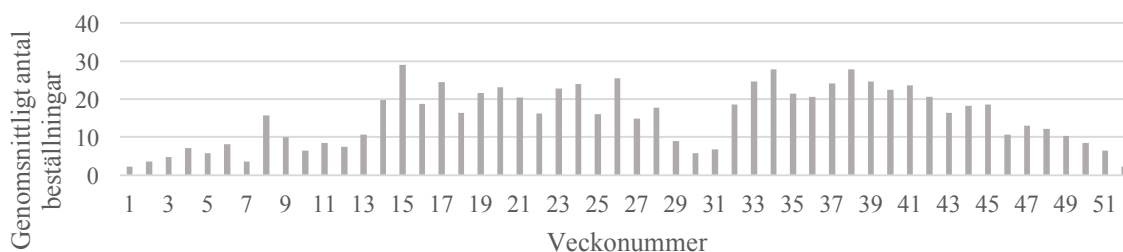


Figur 27 – Fördelning av beställningsvolym av rälsorter 2013-2017

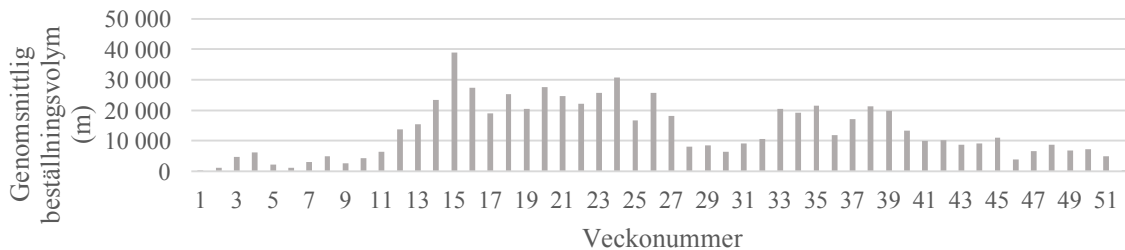
#### 4.8.2 Fördelning över året

I Figur 28 och Figur 29 visas fördelningen av det totala antalet beställningar respektive beställningsvolym per vecka under åren 2013 till 2017. Detta inkluderar såväl långräler som korträler, de separata fördelningarna har dock ett liknande mönster och kan ses i Appendix C. Från figurerna framgår den säsongsvariation som tidigare nämnts, vilken beror på att de flesta järnvägsprojekt genomförs under sommarhalvåret. I figuren går det också att se en klar ökning i efterfrågan kring vecka 15 vilken beror på att många järnvägsprojekt genomförs vid påskhelgen.

Det bör påpekas att figurerna inte exakt representerar beställarnas efterfrågan. Logistikchefen vid *Materialservice* och kategoriledaren för *BEST* beskriver att många av de stora järnvägsprojekten planeras till samma veckor på året. För att kunna hantera denna typ av efterfrågan anpassas tidpunkten för projekten och planeringen av produktionen av långräler efter varandra. Om alla projekt skulle genomföras under samma perioder skulle detta leda till en hög koncentrerad belastning för *rälsverkstaden*. Det pågår därför ett arbete inom Trafikverket med att sprida ut de större järnvägsprojekten och att planera dessa utifrån ett nationellt perspektiv. Detta för att möjliggöra tillgänglighet på långräler till att alla de projekt som efterfrågar detta. Produktionen kan i sin tur anpassas efter efterfrågan genom att i perioder med hög efterfrågan producera i tvåskift, vilket görs i viss utsträckning idag. Som tidigare nämnts förses vissa projekt med korträler istället för långräler om det inte finns tillgänglig kapacitet i produktionen.



Figur 28 – Fördelning av beställningar per vecka 2013-2017



Figur 29 – Fördelning av beställningsvolym per vecka 2013-2017

### 4.8.3 Framförhållning

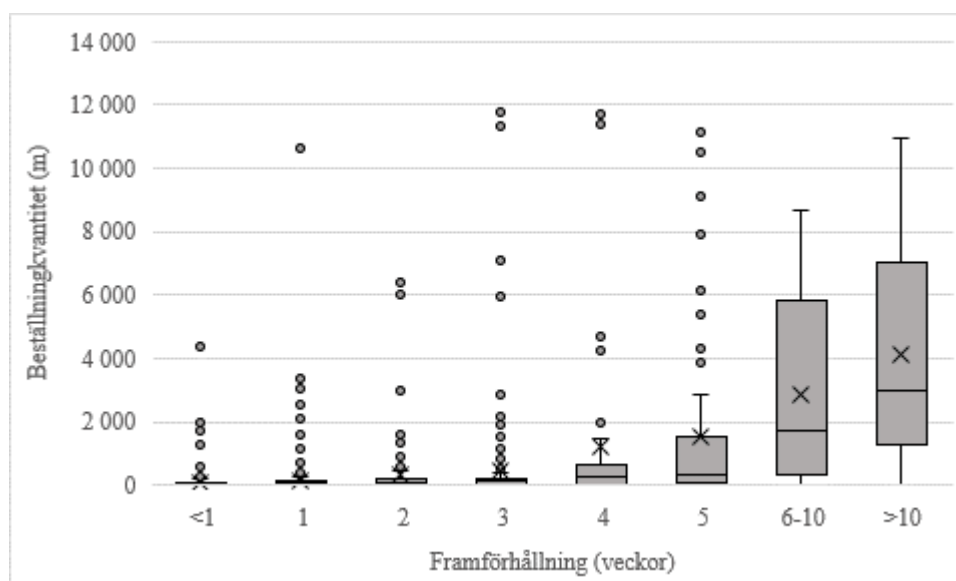
I regel görs beställningar till *Materialservice* efter att en prognos har lämnats, vilket görs sex till tolv månader i förväg. *Materialservice* förbinder sig då till en leveranstid vilken för de allra flesta beställningar är åtminstone sex veckor. Detta beror dock på vilken typ av projekt som avses, akuta beställningar av basunderhållsprojekt kan göras utan att prognos har lämnats. Logistikchefen beskriver att framförhållningen inom entreprenörernas bransch generellt sett är relativt kort och att det finns svårigheter med att få dem att anpassa sig till *Materialservice* leveranstider.

Tabell 12 visar hur antalet beställningar är fördelat mellan olika nivåer av framförhållning för de olika rällängderna. Från tabellen framgår det att de flesta beställningar görs med en relativt kort framförhållning på mindre än en vecka. Tabellen visas att de flesta av dessa beställningar är beställningar av kortare längder av korråler medan beställningar av långråler och längre längder av korråler präglas av en lång framförhållning på mer än sex veckor. I Appendix D visas hur den beställda volymen av olika rällängder är fördelad mellan olika nivåer av framförhållning. Från detta framgår det även att de största volymerna av långråler och längre längder av korråler beställs med lång framförhållning. För de kortare längderna av korråler beställs dock den största volymandelen dock med kort framförhållning.

Tabell 12 – Antalet beställningar med olika framförhållning i veckor för olika rällängder 2013-2017

|                  | < 1  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5  | 6-10 | >10 |
|------------------|------|-----|-----|-----|-----|----|------|-----|
| <b>Långråler</b> | 8    | 19  | 15  | 18  | 22  | 27 | 139  | 169 |
| <b>Korråler</b>  | 1549 | 936 | 363 | 235 | 117 | 97 | 270  | 181 |
| - 120 m          | 2    | 0   | 0   | 0   | 4   | 5  | 23   | 22  |
| - 60 m           | 31   | 18  | 18  | 16  | 12  | 10 | 39   | 37  |
| - 40 m           | 48   | 59  | 47  | 25  | 16  | 17 | 90   | 64  |
| - 20 m           | 703  | 412 | 192 | 117 | 51  | 41 | 86   | 47  |
| - 12 m           | 296  | 174 | 56  | 40  | 23  | 13 | 24   | 8   |
| - 8 m            | 469  | 273 | 50  | 37  | 11  | 11 | 8    | 3   |

Från tidigare beskrivningar av genomsnittliga beställningskvantiteter framgår det från detta att beställningar av större kvantiteter i regel görs med större framförhållning. Det förekommer dock undantag, vilket till viss del kan ses i Tabell 12 då ett antal beställningar av långråler och längre längder av korråler görs med kortare framförhållning än sex veckor. Detta framgår än tydligare av Figur 30 som visar att det förekommer flera beställningar av stora kvantiteter med kort framförhållning. Det bör dock påpekas att eftersom de flesta beställningarna föregås av att en prognos har lämnats känner *Materialservice* oftast till ungefär vilka beställningar som förväntas komma in. Både platschefen i *rälsverkstaden* och orderkoordinatören beskriver dock att det även förekommer att beställningar av stora kvantiteter eller långråler görs med kort framförhållning utan att en prognos har lämnats.



Figur 30 – Lådagram av framförhållning vid olika beställningsvolym. Krysset representerar medianen, lådan representerar 50 % av värdena och cirklarna representerar utliggare.

#### 4.8.4 Prognos

I och med det ökade anslaget till Trafikverket har fler järnvägsprojekt börjat planeras för de kommande åren. Tabell 13 visar en prognos, skapad av Trafikverket i september 2017, för behov av långräler till underhållsprojekt, reinvesterings- samt investeringsprojekt. I prognosen är det en ökning på underhållsprojekt och reinvesteringsprojekten medan investeringsprojekten är beräknade att ha en liknande efterfråga som de senaste åren, cirka 150 000 till 170 000 meter per år. Dock är det flertalet stora investeringsprojekt som för tillfället är i tidiga stadier och beräknas öka volymerna ytterligare framöver, vilket inte är inkluderat i Tabell 13. Efterfrågan av långräler kan därför vara den dubbla på längre sikt om efterfrågan till underhållsprojekten ligger kvar på en hög nivå. Gällande kontrakter saknas prognoser men volymerna förväntas vara i storlek med de senaste årens efterfrågan.

Tabell 13 – Prognos för behov av långräler 2019-2022

| År   | Behov (m) |
|------|-----------|
| 2019 | 450 000   |
| 2020 | 710 000   |
| 2021 | 600 000   |
| 2022 | 670 000   |

#### 4.9 Försörjning

I Tabell 14 visas leveransprecisionen från Trafikverkets leverantörer av räler. Leveransprecision utgår från *bekräftat orderdatum* vilket är datum som leverantören sätter vid bekräftande av en order vilket inte nödvändigtvis behöver stämma överens med önskat datum från *Materialservice*. Leverantörerna har enligt kontrakt möjlighet att leverera fyra dagar innan bekräftat leveransdatum samt en dag efter. Sker leveransen inom detta spann på sex dagar räknas den som 100 % och annars 0 %. Det uppsatta målet är att leverantörernas leveransprecision ska ligga på 92 %.

Tabell 14 – Leveransprecision från leverantörer (antal leveranser)

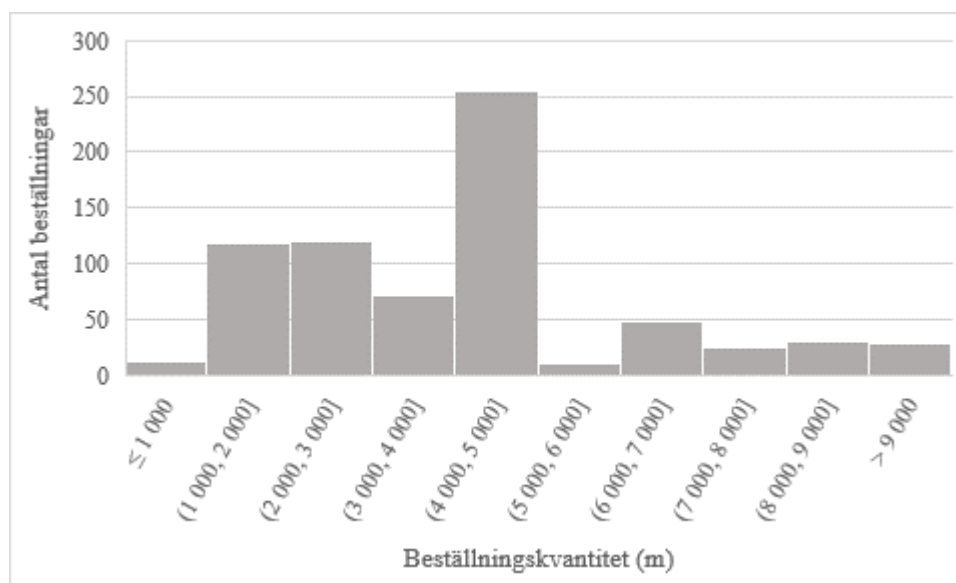
|                        | 2013       | 2014       | 2015       | 2016       | 2017       |
|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Huvudleverantör</b> |            |            |            |            |            |
| Direktleverans         | 79 % (24)  | 70 % (76)  | 77 % (31)  | 100 % (45) | 63 % (27)  |
| Lagerleverans          | 96 % (115) | 97 % (110) | 99 % (103) | 99 % (140) | 72 % (107) |
| Total                  | 93 % (139) | 86 % (186) | 94 % (134) | 99 % (185) | 70 % (134) |
| <b>Andreleverantör</b> |            |            |            |            |            |
| Lagerleverans          | 0 % (2)    | 0 % (1)    | 58 % (26)  | 20 % (25)  | 79 % (24)  |

Andreleverantören har presterat långt ifrån *Materialservices* mål de senaste åren, även om det rör sig om relativt få leveranser. Anledningen är enligt platschefen i *rälsverkstaden* att andreleverantörens informationssystem inte varit kompatibelt med Green Cargos informationssystem, vilka sköter vagndepån närmast *rälsverkstaden*. Det har lett till att många inkommande vagnar varit svåra att lokalisera och därmed har inleveransen försenats. Detta har åtgärdats under 2017 vilket också speglas i att leveransprecisionen har förbättrats. Huvudleverantören har tidigare haft god leveransprecision, framför allt på lagerleveranser. Under 2017 har dock leveransprecision minskat markant. Inköparen av räler beskriver att det enligt uppgifter från leverantör framför allt beror på att det råder brist på vagnar att frakta räler med och tillgänglighet av lokförare i Europa vilket försvårar transporter. Enligt leverantören skulle problemet minska om Trafikverket beställer heltåg, exempelvis sex koppel för längden 60 meter, då omkoppling mellan lok undviks och samma lok skulle kunna köra rälerna hela vägen.

Tabell 15 – Fördelning av beställningsvolym mellan lagerleverans och direktleverans 2013-2017

|                       | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|
| <b>Lagerleverans</b>  | 90 % | 70 % | 86 % | 80 % | 88 % |
| <b>Direktleverans</b> | 10 % | 30 % | 14 % | 20 % | 12 % |

Fördelningen mellan vilka volymer som skickas med lagerleveranser respektive direktleveranser varierar från år till år, se Tabell 15. Vidare visas fördelning på beställningskvantiteter i Figur 31. I jämförelse med genomsnittliga beställningskvantiteter av långräler från järnvägsprojekt, se Tabell 11, sker en stor andel av beställningarna från leverantör i snarlika volymer, runt 5 000 meter.



Figur 31 – Fördelning av beställningskvantiteter från leverantör 2013-2017



## 4.10 Produktion och distribution

I detta avsnitt presenteras empiri gällande lagernivåer, leveransprecision samt utnyttjandegrad av långrälsproduktionen och långrälsseten.

### Lager

I *rälsverkstaden* sker det, som tidigare beskrivet, förutom produktion även lagerhållning av korträler. Lagret för 60-meterslängder har enligt platschefen i *rälsverkstaden* en uppskattad maxkapacitet på 120 000 meter vilket beror på den begränsade ytan och maximala tillåtna höjden med vilka räler får staplas. I Appendix E ses lagernivåer för samtliga rälsorter av längden 60 meter från 2013 till 2017. Det visas att lagret periodvis överstiger maxkapaciteten vilket förklaras med att maxkapaciteten bygger på en uppskattning samt att en del av lagret är på transportvagnar. Lagret har under 2016 och 2017 legat nära den maximala nivån under stora delar av åren. *Rälsverkstaden* har som krav att hålla ett säkerhetslager för rälsorten 60E1 R260 på 40 000 meter, detta för att kunna hantera att motsvarande mängd beställs med kort framförhållning. Det mellersta lagret i Figur 22, vilket innehåller övriga standardlängder, uppskattas av platschefen till att ha samma storlek, det vill säga en maxkapacitet på 120 000 meter. Enligt platschefen finns det gott om utrymme i detta lager och lagernivåerna överstiger sällan hälften av maxkapaciteten. För det minsta lagret, längst ner i Figur 22, förvaras enbart små mängder för uttransport med lastbil. Detta lager fylls på med material från det större korträslagret och nivåerna kan därför enkelt justeras.

### Leveransprecision

I Tabell 16 presenteras leveransprecisionen för korträler respektive långräler från *rälsverkstaden*. Leveransprecisionen mäts i dessa fall utifrån vilken dag leveransen är färdiglastad för transport i *rälsverkstaden*. Då *rälsverkstaden* fungerar som ett distributionscenter för korträler är det tillgången på material, tillgången på transportmedel samt att det finns tid för lastning som är avgörande för leveransprecisionen. Leveransprecisionen för långräler är naturligtvis också beroende av tillgången på material och transportmedel men, till skillnad från korträler, även av långrälsproduktionen. Eftersom produktion och lastning av långräler sker i sammankopplade steg är transporten färdiglastad i samband med att produktionen är avslutad. Tabell 16 visar att rälsverkstaden leveransprecision har förbättrats stadigt de senaste åren. Den låga leveransprecisionen tidigare år beror enligt logistikchefen på att det sedan dess gjorts en insats för att försäkra att leveranserna skickas på rätt dag. En betydande del i denna förbättring är att leveranserna nu i större utsträckning registreras i rätt tid i M3 vilket tidigare har varit en bidragande faktor till den låga leveransprecisionen. Som tabellen visar når rälsverkstaden idag upp till *Materialservice* interna målsättning vilken innefattar en leveransprecision på 97 %.

Tabell 16 – Leveransprecision från rälsverkstaden (antal leveranser)

|                  | 2013       | 2014       | 2015       | 2016       | 2017       |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Långräler</b> | 75 % (96)  | 54 % (82)  | 77 % (98)  | 83 % (70)  | 93 % (68)  |
| <b>Korträler</b> | 64 % (432) | 74 % (759) | 92 % (826) | 92 % (791) | 98 % (678) |
| <b>Total</b>     | 66 % (528) | 72 % (841) | 90 % (924) | 91 % (861) | 98 % (746) |

### Långrälsproduktionens kapacitet

Produktionskapaciteten är, som tidigare beskrivet, vid normal arbetsbelastning ungefär ett fullastat långrälsset, det vill säga 11 760 meter, per arbetsvecka om enskift används. Enligt platschefen i *rälsverkstaden* finns det möjlighet att vid behov att öka hastigheten på produktionen förutsatt att det finns långrälsset tillgängliga. Detta visas också genom att betrakta produktionsvolymerna per vecka, se Appendix C, då det vid tillfällena producerats upp emot 14 000 meter per arbetsvecka. Enligt arbetsledaren är en förutsättning för detta dock att all tid kan läggas på långrälsproduktionen.

Under största delen av året används enskift i produktionen. Som tidigare nämnt används tvåskift under de veckor på året då efterfrågan är som störst. Platschefen i *rälsverkstaden* beskriver att tvåskift i regel används under perioden april till juni och att det under de senaste åren använts under mellan åtta till tolv veckor per år. Det har tidigare, vid enstaka tillfällen, förekommit arbete i tre skift när efterfrågan varit särskilt hög. Platschefen beskriver att den största svårigheten med att använda sig av extra personal är att hitta kvalificerad arbetskraft. Detta beror dels på att arbetet tar tid att lära sig och att det är svårt utbilda personal under säsongen eftersom denna är kort och ofta intensiv. Dessutom är det ofta svårt att attrahera personal till arbetet just på grund av att säsongen är kort och koncentrerad till den första delen av sommarhalvåret.

I Appendix F visas, baserat på planeringen, hur långrälsproduktionen har utnyttjats under de senaste två åren. Sett till antalet dagar som produktionen är i bruk är kapacitetsutnyttjandet av långrälsproduktionen relativt lågt. Detta beror både på den säsongbetonade efterfrågan och att långrälsproduktionen endast är i bruk under vanliga arbetsveckor. Enligt planeringen för de senaste två åren har långrälsproduktionen varit i bruk i genomsnitt 135 dagar per år, varav 93 av dessa inföll under sommarhalvåret från april till september. En stor del av de övriga utnyttjade dagarna infaller under vinterhalvåret, vilket är förklarligt eftersom efterfrågan på räler då är låg eller obefintlig. Under sommarhalvåret infaller en stor del av de utnyttjade dagarna under semesterperioden då rälsverkstaden har stängt och då det i regel är lägre efterfrågan på räler enligt kategoriledaren för *BEST*. Baserat på tidsfördelningen i Appendix F är produktionen i genomsnitt i bruk under 49 % av normala arbetsdagar sett över hela året, respektive 68 % under högsäsong.

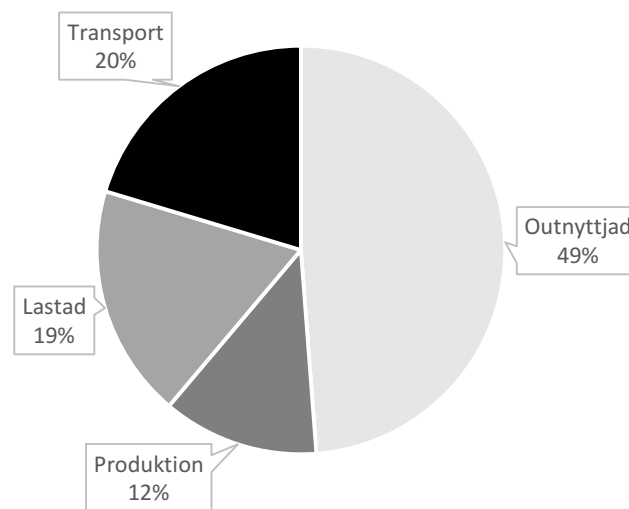
Om man ser till den totala tiden då långrälsproduktionen skulle kunna utnyttjas är utnyttjandegraden naturligtvis än lägre. Sett över de senaste två åren är långrälsproduktionen i genomsnitt i bruk 17 % av den totala möjliga tiden. Under sommarhalvåret är utnyttjandegraden 27 % och motsvarande siffra under vinterhalvåret är 8 %. Att beläggningen är högre under sommarhalvåret beror delvis på att antalet produktionsdagar är fler, men också att arbetet i större utsträckning sker i tvåskift.

### **Kapacitet långrälsset**

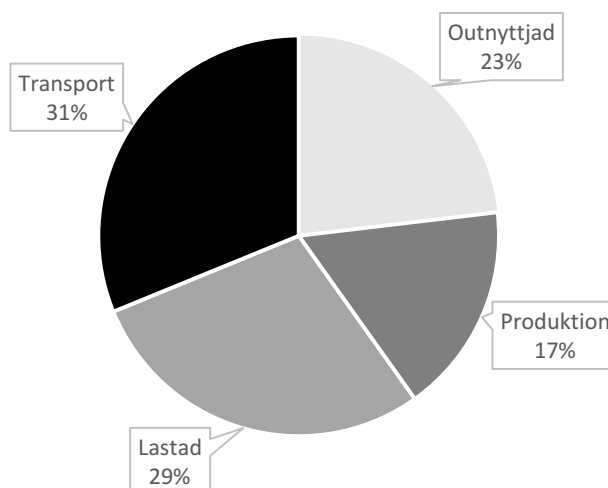
Mängden långräler som kan produceras beror, förutom på långrälsproduktionens kapacitet även på tillgången på långrälsset, eftersom lastning måste ske i samband med produktionen på grund avsaknaden av lagermöjligheter för långräler. För att färdigställa en beställning måste därför transportmedlet vara tillgängligt under hela produktionstiden såväl som under leveransen. Enligt både platschefen och logistikchefen är tillgången på långrälsset den största begränsningen för vilken mängd långräler som kan tillverkas.

Enligt planeringen för de två senaste åren utförs det i genomsnitt 51 transporter av långräler per år. Platschefen beskriver arbetet med att planera produktionen och distributionen av långräler som komplicerad just eftersom de till stor del är beroende av varandra. För att planera leveranser måste hänsyn tas till såväl när det finns tid i produktionen, vilket långrälsset som kan användas och hur olika leveranser kan samlastas för att undvika onödiga transporter. Ett långrälsset tas alltså i anspråk vid varje leverans, det vill säga tiden det tar att färdigställa och utföra en leverans av långräler, samt under tiden som långrälerna produceras. De avgörande faktorerna för under hur lång tid ett långrälsset krävs vid varje leverans är således beställningskvantiteten och avståndet till järnvägsanläggningen där projektet genomförs.

I Appendix F visas hur de tre långrälsseten använts under de senaste två åren. Från detta framgår det att långrälsseten, i likhet med produktionen, framför allt är utnyttjade under högsäsongen. Figur 32 och Figur 33 visar hur tiden är fördelad procentuellt mellan de olika aktiviteterna för de tre långrälsseten under året respektive sommarhalvåret. Figur 32 visar att långrälsseten är utnyttjade under nästan hälften av årets dagar. Sett till sommarhalvåret är andelen utnyttjade dagar betydligt högre, även om det även under denna period finns flertalet utnyttjade dagar. Till de utnyttjade räknas dagarna då ett olastat långrälsset finns på plats i rälsverkstaden utan att lastas, antingen på grund av att det inte finns behov eller på grund av att produktionen är upptagen av lastning till ett annat långrälsset. Som figurerna visar utgörs en stor del av tiden av dagar då långrälsset är lastade utan att för tillfället ockupera produktionen. Detta innebär att långrälssetet är helt eller delvis färdiglastat och inväntar transport eller att den sista delen av produktionsbatchen ska färdigställas.



Figur 32 – Tidsfördelning mellan olika aktiviteter för långrälsset under året



Figur 33 – Tidsfördelning mellan olika aktiviteter för långrälsset under sommarhalvåret

# 5 Analys

*Detta kapitel innefattar analysen gjord utifrån insamlad data och teori. Analysen innefattar en analys av nuläget och vilket behov flexibilitet som behövs i försörjningskedjan samt de effekter den förväntade volymökningen i efterfrågan för med sig. Vidare presenteras och analyseras möjliga åtgärder för att förbättra förmågan att tillgodose efterfrågan.*

## 5.1 Nulägesanalys

I detta avsnitt analyseras, med utgångspunkt i den empiriska studien, vilka behov och förutsättningar som finns för materialförsörjningen av räler i dagsläget.

### 5.1.1 Försörjning

De långa leverantörskontrakten innebär att Trafikverkets behov avtalas och till viss del säkras upp över flera år. Att Trafikverket har två leverantörer av räler innebär också en viss flexibilitet och säkerhet i försörjningen då fler valmöjligheter finns att tillgå vid beställningar eller om problem hos en utav leverantörerna uppstår.

Ledtiderna från leverantörerna är förhållandevis långa och svåra för Trafikverket att påverka. Detta innebär i sin tur en begränsning av *Materialservices* flexibilitet i avseendet att kunna anpassa sig till förändringar i efterfrågan på kort sikt, eftersom ledtiderna uppgår till åtminstone 25 dagar. I regel är dock inte detta ett problem eftersom de beställningarna från järnvägsprojekt till *Materialservice* som utgör störst volym oftast har lång framförhållning och dessutom föregås av att prognoser lämnas flera månader i förväg.

En följd av att ledtiderna uppgår till ett antal veckor är dock att ett lager är nödvändigt för att *Materialservice* ska kunna tillgodose de beställningar från järnvägsprojekt som görs med kortare framförhållning. Av dessa utgörs den största delen av mindre volymer av korträler. För dessa beställningar är det enda rimliga alternativet att dessa, som idag, försörjs via ett lager. Även om det skulle finnas möjlighet till att reducera ledtiderna från leverantör skulle det vara ohållbart att leverera dessa i enstaka leveranser på grund av de stora transportkostnader som skulle uppstå. Ledtiderna är dock en begränsning vid de tillfällen då projekt beställer stora volymer med kort framförhållning. Om materialet inte finns tillgängligt på lagret i *rälsverkstaden* är det enda alternativet att anpassa leveransen efter leverantörens ledtid.

Huvudleverantören har en flexibilitet gällande vilka kvantiteter som kan beställas. Denna flexibilitet är en förutsättning för att JIT-leveranser ska kunna tillämpas i tillverkningen. Den möjliggör också att järnvägsprojekt kan förses med direktleveranser eftersom dessa behöver kunna anpassa sina beställningsvolymer. Volymflexibiliteten innebär alltså möjligheter att minska lagernivåerna eftersom ett krav på större beställningskvantiteter hade inneburit ett behov av ett större omsättningslager och säkerhetslager för långrälsproduktionen samt ett större lager i *rälsverkstaden* för att kunna förse järnvägsprojekten med korträler. Eftersom samtliga standardlängder, förutom åtta och tolv meter, kan beställas från den ena leverantören ges en flexibilitet i försörjningen då dessa längder inte behöver produceras genom kapning i *rälsverkstaden*.

Leveransprecisionen från leverantör visar stora variationer och är under perioder väldigt låg. Detta trots att det fönster inom vilket en leverans beräknas vara i tid är fem dagar långt. Detta speglar den stora osäkerhet som präglar tågtransporterna där flera störningar kan påverka leveransen. Konsekvensen av detta är att *Materialservice* måste använda sig av såväl säkerhetsledtider och säkerhetslager för att klara försörjningen av räler till långrälsproduktionen. Det innebär att det är svårt att dra fördel av de positiva effekter som JIT-leveranser kan föra med sig i form av minskat behov av lager. Genom åtgärderna med säkerhetslager och säkerhetsledtid kan låga leveransprecisioner ändå hanteras vid lagerleveranser. Samma möjlighet finns dock inte vid direktleveranser, eftersom projekten då måste invänta leveransen innan arbetet kan påbörjas.

Den dåliga leveransprecisionen belyser det problem som finns med tågtransport. Dagens problem är huvudsakligen orsakade av brist på tillgång av såväl lokförare och vagnar i Europa, faktorer som är svåra för Trafikverket att påverka.

## 5.1.2 Produktion och distribution

### Korträler

För de flesta korträler behövs ingen produktion i *rälsverkstaden*, vilket innebär att *rälsverkstaden* för dessa produkter endast fungerar som ett lager. Det produktionsmoment i *rälsverkstaden* som rör korträler är enbart kapning av de längre längderna för att göra standardlängderna åtta och tolv meter och de specialanpassade längderna, vilket inte är ett särskilt tidskrävande moment. Eftersom det finns ett lager för standardlängderna tillåter det att tillverkningen görs under vinterhalvåret, vilket är fördelaktigt eftersom det innebär att ett säsongslager av dessa längder kan byggas upp under de delar av året då belastningen är lägre i andra delar av produktionen. Undantaget är de specialanpassade längderna där tillverkningen måste ske mot kundorder och kan därmed inte kan lagerhållas. De specialanpassade längderna utgör dock en liten del av såväl antalet beställningar och volym.

Att förse järnvägsprojekt med korträler är därför, i jämförelse med långräler, relativt enkelt då det inte kräver tillgång av produktionsanläggningar eller personal i samma utsträckning. Dessutom är korträler till skillnad från långräler inte begränsade till specialanpassade transportmedel i form av långrälsset vid leveranser vilket förenklar distributionen. Materialförsörjningen av korträler från *rälsverkstaden* är istället främst beroende av tillgången på material. Ovanstående faktorer bidrar till att produktionen och distributionen av korträler är relativt god i avseendet att kunna hantera olika typer av beställningar.

Det finns också ett behov av flexibilitet i materialförsörjningen av korträler eftersom de används i många olika sorters projekt. Eftersom korträler används såväl vid större rälsbyten som vid små akuta underhållsprojekt måste distributionen kunna tillgodose flertalet segment av beställare med olika behov av ledtider. Ofta krävs det, för sammanhanget, mycket korta ledtider. Detta speglas i framförhållningen på beställningar, vilka kan ses i Tabell 12. I Tabell 17 har även den procentuella andelen av beställningar adderats till framförhållningen och det går att avläsa att 41 % av alla korträlsbeställningar görs med mindre än en veckas framförhållning och att en stor majoritet, 66 %, görs med mindre än två veckors framförhållning. Eftersom samtliga standardlängder lagerhålls i *rälsverkstaden* och att det finns flera möjliga sätt att skicka korträler, antingen med direktleveranser på tåg från leverantör eller med tåg alternativt lastbil från *rälsverkstaden*, har Trafikverket möjlighet att tillgodose de olika behoven av ledtider. Då kortare längder kan transporteras med lastbilstransport möjliggör detta att akuta ärenden snabbt kan förse med räler. Eftersom det finns ett lager i *rälsverkstaden* kan även längre längder av korträler distribueras till järnvägsprojekt med tågtransport relativt snabbt.

Tabell 17 – Framförhållning vid beställningar av korräler 2013-2017 med procentuell andel inkluderad

|              | < 1 v. | 1 v. | 2 v. | 3 v. | 4 v. | 5 v. | 6-10 v. | >10 v. |
|--------------|--------|------|------|------|------|------|---------|--------|
| <b>Antal</b> | 1549   | 936  | 363  | 235  | 117  | 97   | 270     | 181    |
| <b>Andel</b> | 41 %   | 25 % | 10 % | 6 %  | 3 %  | 3 %  | 7 %     | 5 %    |

I Appendix B ses de olika beställningskvantiteterna för korräler. Då beställningskvantiteterna varierar från ett fåtal räler till flertalet tusen meter behöver distributionen en flexibilitet i att kunna hantera varierande beställningskvantiteter. Även detta behov av flexibilitet hanterar Trafikverket genom de olika transportsätten. Detta då lastbil möjliggör ett kostnadseffektivt sätt att frakta små kvantiteter och tåg från *rälsverkstaden* kan frakta större kvantiteter efter exakta behov. Behövs fulla koppel, det vill säga flera tusen meter, möjliggörs en kostnadseffektiv transport genom att använda direktleveranser från leverantör då kostnader för transport och lagerhantering till stor del undviks av att leveransvillkoret DDP används och mellanlagring undviks. Då direktleveranserna täcker de allra största beställningskvantiteterna undviks även lagerbrister som annars skulle kunna uppstå om ett järnvägsprojekt skulle beställa flertalet tusen meter räler. Med direktleveranser utökas även utbudet av längder då 120-meterlängder kan levereras vilket för tillfället inte kan hanteras vid *rälsverkstaden*. Konsekvensen med direktleveranserna blir dock att ledtiderna uppgår till cirka 25 dagar jämfört med leveranser från *rälsverkstaden* som enbart tar en eller ett fåtal dagar.

Då volymerna och antalet beställningar även varierar under året, se Appendix C, och säsongvariationen är tydlig krävs även en volymflexibilitet från vecka till vecka. Även kravet på möjlighet till volymflexibilitet från år till år är stort. Detta framgår av Tabell 10 där det ses att de totala volymerna för korräler de senaste fem åren varierat mellan 117 772 meter och 328 404 meter, det vill säga en skillnad i volym på drygt 200 000 meter. Eftersom lagrena för korräler i *rälsverkstaden*, för samtliga standardlängder förutom 60-meter, ofta enbart är utnyttjat till hälften av sin kapacitet kan variationer, både mellan veckor och från år till år, hanteras då det finns utrymme att höja lagernivåerna. Vidare är hanteringen av rälerna liten och innefattar i princip bara lastning och eventuellt kapning vilket gör att volymflexibiliteten kan ses som god.

Det finns även en variation mellan i vilken utsträckning de olika rälsorterna och rällängderna används från år till år. Detta visas i Tabell 10 där exempelvis efterfrågan på längden 40 meter fyrdubblades mellan år 2013 och 2014 för att följande år återgå till lägre nivåer samtidigt som längden 60 meter mellan år 2013 och 2014 enbart ökade 22 %, från 24 540 meter till 30 000 meter. Eftersom arbetsuppgifterna och utrustningen för de olika produkterna är densamma och att lagerutrymmet kan fördelas olika mellan de olika rälsorterna finns det en flexibilitet för att hantera ovan beskrivna variationer.

### Långräler

Avsaknaden av ett färdigvarulager för långräler innebär att all tillverkning görs direkt mot order. Det finns därför ingen möjlighet att bygga lager av långräler för att möta den stora efterfrågan under högsäsong. Då *rälsverkstaden* har en fast kapacitet för vilken volym av långräler som kan produceras varje vecka, vilket enbart kan justeras med hjälp förändringar i antalet skift, skapar detta en låg utnyttjandegrad under lågsäsongen samtidigt som det är svårt att tillgodose alla järnvägsprojekt under högsäsongen. Då även långräler behöver lastas direkt på långrälsset är produktionen begränsad av tillgängligheten på dessa vilket gör att flaskhalsar både kan orsakas av produktionskapaciteten samt tillgången på långrälsset.

En förutsättning för att försörjningen av långräler ska fungera med dagens resurser är *Materialservices* möjlighet att kunna påverka när och hur projekten försörjs, vilket ger möjlighet att i förväg kunna planera hur tillverkning och leverans av beställningar ska ske under året. Detta framgår bland annat genom hur arbetet med att ta fram en *huvudplan* går till, där projektens beställningar flyttas mellan olika leveransdatum. Projekten anpassas på så sätt till viss del efter *rälsverkstadens* kapacitet. Även arbetet med att sprida ut projekten över en större del av året visar på hur försök görs till att anpassa projekten efter *rälsverkstadens* kapacitet. Detta visar på att det idag finns en relativt låg flexibilitet i avseendet att kunna tillgodose järnvägsprojektens önskemål om när långrälerna ska levereras. Flexibiliteten i att kunna hantera efterfrågan bygger istället på beställarnas flexibilitet, eftersom de måste kunna hantera olika leveransdatum. Från intervjuerna framgår det dock att detta inte alltid är möjligt eftersom vissa projekt väljer att beställa korträler istället för långräler för att kunna styra över när leveransen ska ske. Detta innebär alltså att järnvägsprojekten ibland väljer att använda en sämre produkt på grund av att det i produktionen inte finns möjlighet att tillgodose behovet. För att i större grad kunna möta beställarnas önskemål om leveransdatum finns det alltså ett behov av en större flexibilitet i produktionen än idag.

Möjligheten att kunna påverka planeringen är en förutsättning för att undvika att behöva investera i ytterligare kapacitet i *rälsverkstaden*. Det finns en viss flexibilitet i produktionen idag i och med att tvåskift kan användas, för att på så sätt tillgodose en högre efterfrågan under perioder. Om järnvägsprojekten skulle ha möjligheten att välja leveransdatum utan hänsyn till *rälsverkstadens* kapacitet skulle detta dock troligtvis innebära att beställningarna i ännu större utsträckning koncentrerades till de veckor på året som ur projektens synpunkt är mest fördelaktiga för att genomföra järnvägsprojekt. Detta skulle sannolikt innebära att belastningen under dessa veckor skulle överstiga *rälsverkstadens* kapacitet även vid tvåskift samt att utnyttjandegraden av produktionen och långrälsseten under resten av året skulle bli ännu lägre än idag. Den säsongsbetonade efterfrågan och de begränsade resurserna leder därför till en avvägning mellan att tillgodose beställarnas behov och att investera i mer kapacitet. Med tanke på den låga utnyttjandegraden i produktionen är det tydligt att det finns möjlighet att öka kapaciteten ytterligare under högsäsong för att i större utsträckning kunna möta efterfrågan.

Eftersom försörjningen av långräler bygger på en lång framförhållning finns det en begränsad flexibilitet i avseendet att kunna hantera kortsiktiga förändringar i planeringen. Produktionen och distributionen kräver en långsiktig planering på grund av att de begränsade resurserna i form av tillgång på personal, tid i produktion och transportmedel. Det innebär i sin tur att beställningarna måste göras lång tid i förväg för att kunna möjliggöra planering. Även om själva beställningen endast behöver göras några veckor före leverans, ska detta föregås av att en prognos lämnas. Beställningshorisonten vid beställningar av långräler till projekt uppgår alltså till mellan sex och tolv månader. På grund av den omfattande planering som krävs, uppstår problem vid kortsiktiga förändringar, exempelvis då beställningar av projekt görs med kort framförhållning eller då beställningar måste byta leveransdatum. På grund av kapacitetsbegränsningarna finns det i regel ont om utrymme för förändringar i planeringen, i synnerhet under högsäsong, vilket innebär att varje förändring är sannolik att påverka flera beställningar. Behovet av att kunna planera hur produktionen och distributionen ska genomföras är nödvändig med tanke på de begränsade resurserna. Det innebär dock en minskad flexibilitet för att kunna hantera oförutsedda förändringar på kort sikt.

Det går att ifrågasätta vilken nivå av flexibilitet som behövs i och med att de järnvägsprojekt som använder långräler har en planeringstid på flera år, vilket innebär att en beställningshorisont på sex till tolv månader inte borde vara något problem. Faktumet att kortsiktiga förändringar förekommer indikerar dock att det finns ett behov av att kunna hantera dessa. Även om en del av dessa kortsiktiga förändringar skulle kunna undvikas genom bättre beställningsrutiner, kommer förändringar av beställningar nära inpå leverans ändå att förekomma. Det framgår dock genom intervjuerna att det finns en viss flexibilitet för att hantera dessa kortsiktiga förändringar och att försörjningen alltid säkras på ett eller annat sätt. Följden av dessa blir dock i flera fall att det krävs en omfattande omplanering och att leveransdatum för flera beställningar måste flyttas. Alternativt kan vissa projekt istället försörjas med kontrakter för att på så sätt frigöra kapacitet i produktion och distribution. På så sätt uppnås flexibiliteten i dessa fall genom försämrade villkor för projekten i form av ändrade leveransdatum eller genom att ett sämre substitut till produkten används. För att få en större flexibilitet i att hantera förändringar av beställningar på kort sikt skulle det behövas en ökad kapacitet under perioder med hög belastning.

## 5.2 Analys av möjliga åtgärder

I detta avsnitt analyseras möjliga alternativa åtgärder som identifierats för materialförsörjningen av räler, samt vilka effekter de skulle kunna leda till. Analysen är gjord ur ett flexibilitetsperspektiv, där de olika åtgärdernas effekt på Trafikverkets förmåga att tillgodose efterfrågan analyseras.

### 5.2.1 Användning av alternativt transportsätt

Då nuvarande problem med försörjning är förknippade med brister i tågtransporten genom Europa, snarare än otillräcklig produktionskapacitet hos leverantörerna, är ett alternativ för att kunna hantera detta att byta till eller komplettera med ett annat transportsätt. Det enda rimliga alternativ som finns till dagens transportsätt är båttransport. Att transportera med lastbil skulle kräva att all försörjning till *rälsverkstaden* sker med maximalt 20-meterslängder, vilket vore ohållbart ur både ett kostnads- och miljöperspektiv med tanke på det stora antalet transporter det skulle innebära. Med tanke på att båttransport till Trafikverket har förekommit och förekommer utomlands är det dock ett möjligt alternativ. Det bör dock påpekas att möjligheten till att använda sig av båttransport är beroende av leverantörens möjligheter. En förutsättning för att undkomma tågtransporter genom Europa är att leverantörens produktion är belägen nära kusten. I dagsläget är detta alltså endast ett alternativ för andreleverantören som har produktionsanläggningar i såväl England som Frankrike. Båttransport skulle dock kunna bli aktuellt vid framtida leverantörsupphandlingar, varför det är relevant att diskutera hur olika försörjningslösningar med båttransport skulle påverka materialförsörjningen av räler.

För att analysera vilka effekter försörjning med båttransport skulle kunna innebära tas utgångspunkten i två alternativa upplägg. Det ena upplägget som diskuteras utgår ifrån hur försörjningen fungerar till *Liikennevirasto* i Finland. Det andra upplägget utgår ifrån hur försörjningen med båttransport till Trafikverket fungerat tidigare med andreleverantören. Den stora skillnaden mellan de två uppläggen är att rälererna i det första upplägget levereras direkt till *rälsverkstaden* medan det andra upplägget innebär att rälererna, efter leverans med båttransport, lagerhålls av leverantören. Med båda upplägg finns det ett behov av investeringar i utrustning för att kunna hantera omlastning av räler från båt till tåg för att kunna utföra den sista transporten till *rälsverkstaden*. Eftersom leveransvillkoret har varit DDP fram till svetsanläggningen i båda de upplägg som diskuteras antas att kostnaden för dessa investeringar hade tillfallit leverantören.



## Försörjning med båttransport utan mellanlagring

Ett upplägg liknande det i Finland skulle innebära att rälerna efter leverans till hamn lastas om, varefter beställningen levereras till *rälsverkstaden*. Detta upplägg hade med största sannolikhet inneburit ett behov av investeringar i lagerutrymme även från Trafikverkets sida. En anledning till detta är att beställningskvantiteterna motsvarar 40 000 meter räler, vilket kan jämföras med dagens genomsnittliga beställningskvantitet från leverantör till lager på 4 000 meter räler. För att hantera sådana volymer skulle det troligtvis krävas en investering i ytterligare lagerutrymme i *rälsverkstaden*. Detta i och med att det största lagret, för räler av längden 60 meter, bara har en kapacitet på drygt 120 000 meter. Varje beställning av en rälsort skulle med nuvarande lager alltså kräva en kapacitet motsvarande en tredjedel av den totala lagerkapaciteten. Dessutom skulle den minskade beställningsfrekvensen samt längre ledtider och större osäkerheter, i jämförelse med tågleveranser, möjligtvis innebära ett behov av ett större säkerhetslager än idag. Med detta upplägg försvinner också den möjlighet till direktleveranser som erbjuds av huvudleverantören idag. De leveranser som idag utförs med direktleveranser skulle då istället behöva levereras via lager. För Trafikverket skulle ett upplägg liknande det i Finland alltså innebära ett behov av investeringar i ytterligare lagerutrymme samt högre lagernivåer och kapitalbindningskostnader i jämförelse med idag. I Tabell 18 visas en sammanfattning av de möjligheter och risker som detta upplägg bedöms innebära för Trafikverket.

Tabell 18 – Effekter vid försörjning med båttransport utan mellanlagring

| Möjligheter                          | Risker   |
|--------------------------------------|--|
| - Undkommer problem med tågtransport | - Osäkerheter med båttransport                 |
|                                      | - Längre ledtider                              |
|                                      | - Minskad flexibilitet i beställningskvantitet |
|                                      | - Behov av investeringar i lagerutrymme        |
|                                      | - Högre lagernivåer                            |

## Försörjning med båttransport med mellanlagring

Ett upplägg liknande det som tidigare prövats med andreleverantören innebär att leverantören ansvarar för lagerhållning av rälerna efter att de levererats till Sverige. Med detta upplägg finns det alltså möjlighet att få beställningskvantiteter i samma nivå som idag levererade till *rälsverkstaden* och skulle därför inte innebära ett behov av investeringar i mer lagerutrymme för Trafikverket. Detta upplägg skulle kunna innebära fördelar för Trafikverket ur ett flexibilitetsperspektiv, eftersom leverantören då har ett lager närmare *rälsverkstaden* vilket innebär kortare ledtider eftersom transporttiden reduceras. En förutsättning för detta är dock att leverantören lagerhåller rätt kvantiteter av det material som behövs och att försörjningen från leverantörens lager till *rälsverkstaden* kan genomföras på ett bra sätt. Upplägget är därför beroende av att leverantören tar ett stort ansvar för materialförsörjningen från lager till *rälsverkstaden*. Ytterligare en förutsättning för detta upplägg är att leverantören kan lagerhålla rälerna utan att de utsätts för risk för korrosion, något som inte var möjligt vid tidigare försök då rälerna lagerhölls i anslutning till hamnen i Lysekil. Leverantören skulle därför behöva lagerhålla rälerna i en hamn där de inte utsätts saltvatten, alternativt lagerhålla rälerna längre inåt landet. I Tabell 19 visas en sammanfattning av de möjligheter och risker som detta upplägg bedöms innebära för Trafikverket.

Tabell 19 – Effekter vid försörjning med båttransport med mellanlagring

| Möjligheter                          | Risker                             |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| - Undkommer problem med tågtransport | - Ökat ansvar för leverantör       |
| - Kortare ledtid                     | - Osäkerhet kring lagring av räler |

Möjligheten att använda andra transportsätt skulle teoretiskt sett leda till en ökad flexibilitet i avseendet att andra försörjningsvägar öppnas upp. Dagens problem i försörjningen är dock orsakade av försenade leveranser, där de problem som uppstår inte är kända i förväg utan uppstår nära inpå leverans. Det är därför inte troligt att möjligheten ändra transportsätt, från tågtransport till båttransport, skulle innebära en lösning för de problem som uppstår nära inpå leverans, eftersom båttransport är ett långsammare transportmedel. En alternativ försörjningslösning med båttransport vore istället fördelaktigt om problemen med tågtransport förvärras. Försörjning med båttransport skulle dock kunna innebära en mer flexibel försörjning ur Trafikverkets perspektiv, beroende på hur upplägget för försörjningslösningen ser ut. Av de två upplägg som diskuterats ovan framstår alternativet med mellanlagring som klart fördelaktigt eftersom det skulle kunna innebära en mer flexibel försörjning i jämförelse idag, samt inte innebär ett behov av investeringar från Trafikverkets sida. För att detta alternativ ska vara aktuellt krävs det dock att leverantören lyckas genomföra lagerhållningen och försörjningen till *rälsverkstaden* på ett bättre sätt än vid tidigare försök. Det andra upplägget innebär en minskad flexibilitet i försörjningen för Trafikverket och innebär dessutom ett behov av investeringar. En förutsättning för att detta upplägg skulle vara aktuellt är att det, vid en framtida leverantörsupphandling, skulle innebära ett lägre inköpspris vilket kan kompensera för de investeringar och kostnader som detta upplägg skulle innebära för Trafikverket.

### 5.2.2 Större beställningskvantiteter

En möjlig åtgärd för att förbättra försörjningen är att öka beställningskvantiteten så att heltåg beställs, då detta enligt huvudleverantören skulle innebära en förbättrad leveransprecision. Anledningen till detta är att tågen då inte behöver kopplas om, eftersom de endast innehåller en leverans. Under förutsättning att detta verkligen skulle leda till förbättring av leveransprecisionen är det då relevant att diskutera vad detta skulle innebära för materialförsörjningen av räler. Större beställningskvantiteter ger i många fall ett lägre inköpspris, då detta innebär skalfördelar ur leverantörens perspektiv. Från intervjuerna framgår det att detta dock inte är fallet med det gällande avtalet.

I Appendix A visas de olika beställningskvantiteter som motsvarar ett heltåg. På grund av de beställningskvantiteterna som heltåg innebär är det orimligt att detta skulle tillämpas vid alla beställningar. Att beställa heltåg av alla längder och rälsorter skulle innebära en kraftig ökning av lagernivåer i och med att många produkter endast behövs i relativt små kvantiteter. Dessutom skulle möjligheten till direktleveranser försvinna med detta alternativ, vilket skulle leda till ett ökat behov av lagerutrymme.

Att beställa heltåg vore istället främst ett relevant alternativ för de beställningar som görs till långrälsproduktionen i *rälsverkstaden* av längden 60 meter. För dessa beställningar motsvarar ett heltåg en beställningskvantitet på cirka 14 000 meter, vilket är betydligt högre än dagens genomsnittliga beställningskvantitet från leverantör, som för dessa beställningar är cirka 5 200 meter. Det vore troligtvis möjligt att hantera dessa beställningskvantiteter med det lagerutrymme som finns idag. En fast beställningskvantitet skulle dock möjligtvis innebära en större risk för att lagerutrymmet överstigs. Större beställningsvolymerna skulle också leda till ett större omsättningslager. Detta skulle dock möjligtvis kunna kompenseras i och med att mer punktliga leveranser innebär att leveranserna kan planeras närmare inpå produktionen och alltså reducera behovet av säkerhetsledtid.

Större beställningsvolymerna skulle dock även få konsekvenser för hur långrälsproduktionen går till. I dagsläget tillämpas JIT-leveranser till stor del på grund av att det är fördelaktigt i produktionen. Genom att beställa ungefär den kvantitet som behövs i produktionen behöver de flesta rälerna inte omlastas via lagret utan kan istället lastas direkt på produktionslinjen. Att tillämpa beställningar av heltåg skulle därför innebära att produktionen i större utsträckning måste förses från lagret, vilket är mer tidskrävande. För större produktionsserier, där fulla långrälsset produceras, skulle JIT-leveranser dock i stor utsträckning kunna tillämpas. Konsekvenserna skulle istället bli störst vid produktionen av mindre produktionsserier.

I Tabell 20 visas en sammanställning av de möjligheter och risker som försörjning med större beställningskvantiteter förväntas innebära.

*Tabell 20 – Effekter av försörjning med större beställningskvantiteter*

| <b>Möjligheter</b>                 | <b>Risker</b>                           |
|------------------------------------|---|
| - Punktligare leveranser           | - Större omsättningslager               |
| - Minskat behov av säkerhetsledtid | - Större risk för brist på lagerutrymme |
|                                    | - Mer omlastning av räler               |
|                                    | - Mer tidskrävande produktion           |

Det går att ifrågasätta vad en högre leveransprecision hade resulterat i, om det måste ske på bekostnad av större beställningskvantiteter. Punktligare leveranser borde som tidigare nämnt innebära lägre lagernivåer i och med att behovet av säkerhetsledtid minskar, dock innebär större beställningskvantiteter en ökning av lagernivåerna. Dessutom går det att argumentera att större beställningskvantiteter snarare borde innebära ett behov av större säkerhetslager, eftersom konsekvenserna av en försenad leverans blir större. Med tanke på det begränsade lagerutrymmet i 60-meterslagret framstår dagens upplägg, där flexibla beställningskvantiteter tillämpas, som mer fördelaktigt.

### 5.2.3 Decentraliserad försörjningsstruktur

Trafikverkets försörjningsstruktur för distributionen av räler är i dagsläget centraliserat då det endast finns ett centrallager. Alternativet till detta, en decentraliserad struktur, skulle vara att ha ett antal regionala lager och produktionsenheter i olika delar av landet. Detta skulle kunna innebära en reduktion av ledtiden för beställningar till järnvägsprojekt som är lokaliserade långt ifrån rälsverkstaden. Detta eftersom transporttiden då skulle minskas, förutsatt att det efterfrågade material finns tillgängligt i det regionala lagret. Dock skulle detta upplägg skulle innebära motsatsen till en geografisk senareläggning men skulle kunna innebära ökad flexibilitet i avseendet att kunna hantera korta ledtider.

Det vore orimligt att investera i fler anläggningar för långrälsproduktion, dels på grund av de stora investeringskostnader detta skulle innebära men även på grund av att de flesta beställningar av långräler inte behöver en kort ledtid då de görs med lång framförhållning. En decentraliserad lagerstruktur vore fördelaktig för de beställningar som görs med kort framförhållning, vilket till största del består av kortare längder av korträler. Ett alternativ vore därför att i regionala lager lagrera dessa kortare standardlängder, vilka därifrån kan transporteras med lastbil.

De flesta beställningar som görs med kort framförhållning består av små beställningskvantiteter som endast består av ett fåtal räler, även om det förekommer ett antal beställningar av större kvantiteter. För att undvika att lagerhålla stora mängder räler på ett flertal platser i landet vore det rimligast att i dessa lager endast försöka tillgodose de mindre beställningarna. En ytterligare fördel med detta upplägg vore att flera långa lastbilstransporter av enstaka räler skulle kunna undvikas. Från orderdata framgår det att 60 % av alla beställningar under perioden 2013 till 2017 utgörs av beställningar av kortare längder av korträler där endast en till fem stycken räler beställs och där lastbilstransport används. Med en decentraliserad försörjningsstruktur skulle leveranser av större kvantiteter kunna ske till regionala lager, därifrån skulle sedan de mindre leveranser kunna transporteras en kortare sträcka till järnvägsprojekt. Detta skulle alltså kunna innebära reducerade transportkostnader.

Att upprätta regionala lager skulle dock kräva en investering i lagerutrymme och skulle även innebära ökad administration, i och med att en förutsättning för att ledtiden faktiskt reduceras vid dessa beställningar är att rätt material finns på rätt lager. Den geografiska tidigareläggningen innebär också att material blir *låst* till ett visst lager. Detta skulle innebära en reduktion av den flexibilitet i jämförelse med dagens upplägg, där det material som finns i lagret i *rälsverkstaden* kan användas till alla järnvägsprojekt oavsett plats samt även användas i produktionen.

I Tabell 21 visas en sammanställning av de effekter som en decentraliserad försörjningsstruktur skulle kunna innebära.

Tabell 21 – Effekter av en decentraliserad försörjningsstruktur

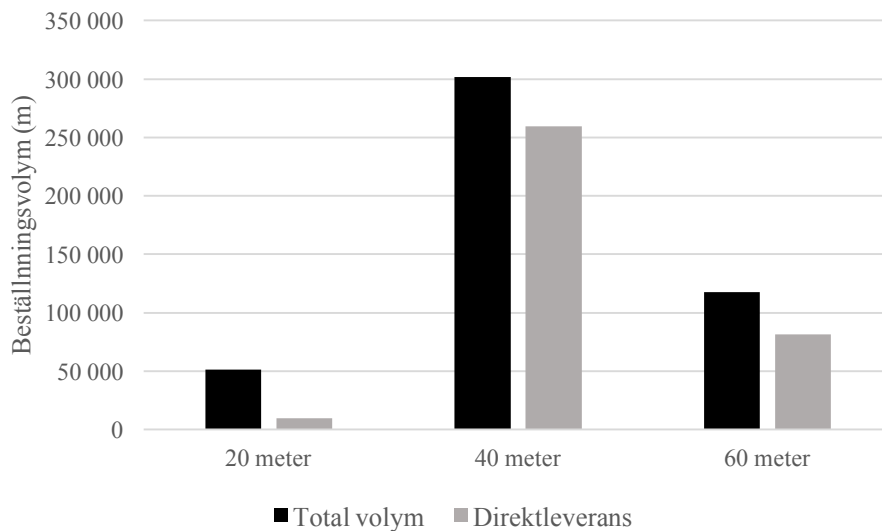
| Möjligheter                              | Risker   |
|--|--|
| - Kortare ledtid för vissa beställningar | - Behov av investeringar i lagerutrymme                |
| - Eventuellt minskad transportkostnader  | - Ökad administration                                  |
|  | - Fler lagerpunkter                                    |
|  | - Minskad flexibilitet för hur materialet kan användas |

En decentraliserad försörjningsstruktur vore alltså främst aktuellt för att tillgodose se beställningar av kortare längder av korträler, vilka utgör relativt små volymer. Det är osäkert om det verkligen finns ett behov av ledtidsreduktion för dessa beställningar, eftersom det redan finns möjlighet leverera dessa med en relativt kort ledtid genom att lastbilstransport kan användas. Det framgår också från intervjuer att vissa entreprenörer i viss mån har egna lager för att hantera detta materialbehov, vilket möjliggörs av att det rör sig om relativt små volymer.

#### 5.2.4 Ökad användning av direktleveranser

I jämförelse med leveranserna via lager är direktleveranser fördelaktiga i flera avseenden. Med direktleveranser undviks onödig transport då leveranserna inte behöver passera via lagret. Dessutom är, vid användning av Green Cargo som speditör, leveranspunkten densamma då dessa leveranser sker till speditörens taxepunkter. Eftersom leverantören står för transportkostnaden till leveranspunkten vid beställning av fulla koppel kan transportkostnaden från *rälsverkstaden* till taxepunkter därför undvikas för Trafikverket genom direktleveranser. Med direktleveranser försvinner också de kostnader för omlastning, hantering och lagerhållning som uppstår vid leveranser via lagret. Direktleveranser därför i flera fall fördelaktiga ur *Materialservices* ur ett kostnadsperspektiv. Dessutom frigörs kapacitet i *rälsverkstaden* genom att en mindre del av lagerutrymmet utnyttjas och att personalen inte behöver hantera dessa beställningar. Ett ökat användande av direktleveranser skulle därför kunna vara en åtgärd för både för att frigöra kapacitet i *rälsverkstaden* och för att reducera kostnader.

Möjligheten att öka användningen av direktleveranser är aktuellt för beställningar av större kvantiteter av korråler i de standardlängder som erbjuds av huvudleverantören, där beställningarna görs med lång framförhållning. I Figur 34 visas den totala levererade volymen av beställningar av korråler i längderna 20, 40 och 60 meter, där beställningskvantiteten överstiger gränsen för ett koppel, i jämförelse med den volym som levererats med direktleveranser. Figuren visar att en del av den volym som idag försörjs via lager skulle kunna förses med direktleveranser.



Figur 34 – Total levererad volym\* av korråler i standardlängder 2013-2017 i jämförelse med volym levererad med direktleveranser under samma period. \*Detta inkluderar endast de beställningar av järnvägsprojekt där beställningskvantiteten överstiger gränsen för ett koppel.

Eftersom huvudleverantören tar ut en avgift då beställningskvantiteten inte uppgår till fulla koppel, skulle alla dessa beställningar behöva vara av jämna koppelstorlekar för att transportkostnader undvika transportkostnader. Det vore begränsande för flexibiliteten ur beställarnas perspektiv om större volymer endast kunde beställas i fulla koppel. Många järnvägsprojekt skulle då behöva beställa större eller mindre kvantiteter än de faktiskt behöver. Att beställa mer än nödvändigt skulle innebära att entreprenörerna då skulle behöva lagerhålla det överblivna materialet, vilket anses vara ohållbart. Ett alternativ för att öka utnyttjande av direktleveranser är därför att alla större beställningar avrundas ned till ett jämnt antal koppel och att det resterande materialet försörjs via lager. Detta skulle fortfarande innebära att en mindre kvantitet försörjs via lager, och följaktligen lägre transport- och lagerhanteringskostnader för *Materialservice*. Eftersom huvudleverantören har möjlighet att leverera i andra kvantiteter än fulla koppel är ett annat alternativ att alla större beställningar av korråler till järnvägsprojekt, även de som består av ojämna koppelstorlekar, enbart försörjs med direktleveranser. På grund av den avgift som då tillkommer från leverantören innebär detta dock en avvägning mellan att förse med direktleverans eller att leverera från lager. Vilket alternativ som är bäst ur ett kostnadsperspektiv är därför beroende av hur stor avgiften som leverantören tar ut för att leverera ojämna koppelstorlekar med direktleverans.

Försörjning från lager innebär en betydligt kortare ledtid för järnvägsprojekten förutsatt att materialet finns tillgängligt i *rälsverkstaden*. Att enbart förse större leveranser av korträler med direktleveranser innebär alltså en minskad flexibilitet för beställarna, eftersom ledtiden blir längre. Som tidigare nämnts görs dock de flesta beställningar av stora kvantiteter av korträler med lång framförhållning varför långa ledtider i detta fall inte är ett problem. Det förekommer dock ett flertal undantag och för att bibehålla en flexibilitet för beställarna finns det därför ändå ett behov av ett lager korträler i *rälsverkstaden*, för att hantera beställningar av stora kvantiteter som görs med kort framförhållning. Genom att i större utsträckning förse större beställningar av korträler, som görs med lång framförhållning, med direktleveranser minskar dock behovet av ett omsättningslager och lagernivåerna i *rälsverkstaden* skulle därför kunna sänkas. Alternativt skulle detta lager i större utsträckning kunna reserveras till beställningar som görs med kort framförhållning.

På grund av tidigare nämnda problem med försörjningen från leverantör finns det också en risk med öka antalet direktleveranser. På grund av det längre avståndet bedöms dessa leveranser som mer osäkra än leveranserna från lager. Att öka antalet direktleveranser skulle därför möjligtvis kunna innebära ett större antal försenade leveranser till järnvägsprojekt.

I Tabell 22 visas en sammanställning av de effekter som ett ökat användande av direktleveranser skulle kunna innebära.

Tabell 22 – Effekter av ökad användning av direktleveranser

| Möjligheter   | Risker   |
|---|--|
| - Minskade kostnader för <i>Materialservice</i>                     | - Längre ledtider  |
| - Mindre arbete i <i>rälsverkstaden</i>                             | - Beroende av vilken avgift som tillkommer från leverantör |
| - Minskat behov av lager  | - Fler försenade leveranser                                |
| - Lagret kan reserveras till beställningar med kort framförhållning |  |

På grund av de fördelar som direktleveranser innebär för *Materialservice* och kapaciteten i *rälsverkstaden* framstår en ökad användning av direktleveranser som en åtgärd som skulle kunna innebära positiva effekter för materialförsörjningen av räler. I dagsläget är dock det pris som tas ut av *Materialservice* detsamma oavsett om direktleveranser eller leveranser via lager används. De fördelar som direktleveranser innebär speglas alltså inte till beställarna. De kostnadsfördelar som direktleveranser innebär för *Materialservice* borde rimligtvis innebära att *Materialservices* omkostnader fördelas olika beroende på vilket leveranssätt som används. Att fördela kostnaderna mer rättvist skulle göra direktleveranser mer fördelaktiga för beställarna jämfört med idag.

### 5.3 Analys av effekter vid volymökning

Den största utmaningen för Trafikverket bedöms vara att hantera den förväntade volymökningen, vilket ställer krav på en långsiktig volymflexibilitet. I detta avsnitt analyseras därför vilka effekter en volymökning skulle innebära för logistiksystemet. Utgångspunkten för hur volymökningen skulle kunna se ut tas i de prognoser som funnits tillgängliga, se avsnitt 4.8.4, samt i förslaget till *Nationell plan för transportsystemet 2018-2029*.

## Försörjning

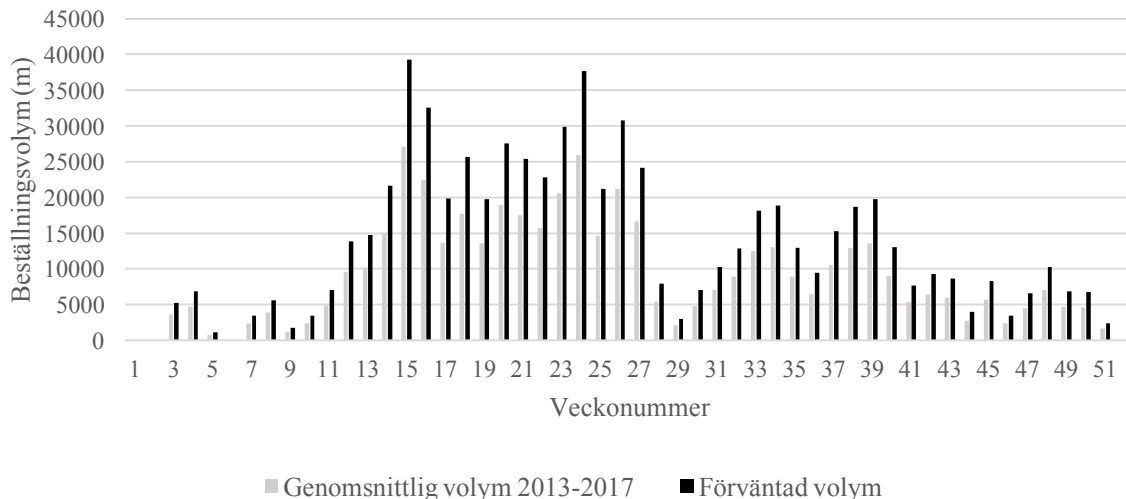
En ökad efterfrågan av räler kommer innebära att en större volym kommer att behöva beställas av leverantörerna. Eftersom Trafikverkets inköpsvolymen enbart utgör ett fåtal procent av leverantörernas totala volymer och att leverantörerna anses ha en överkapacitet skulle en ökning troligtvis inte innebära några större problem för leverantörerna. Dock finns det idag stora osäkerheter i leveranserna och det finns en risk att dessa problem kvarstår framöver. I och med att en volymökning innebär att antalet leveranser ökar skulle detta även kunna innebära att antalet försenade leveranser ökar. Konsekvenserna av detta skulle därför kunna bli större brister av material. En möjlig åtgärd för att öka leveransprecisionen är att beställa större beställningskvantiteter, som tidigare diskuterats i 5.2.2.

## Distribution av korträler

För efterfrågan av korträler finns det en avsaknad av prognoser. Eftersom de järnvägsprojekt som kommer att öka framför allt är större projekt, som använder långräler, är det osäkert om det kommer att ske en volymökning av korträler. Skulle det ske en ökning av efterfrågan på större beställningar av korträler begränsningen för att kunna hantera detta möjligtvis kunna vara lagerutrymmet i *rälsverkstaden*. En ökad efterfrågan av korträler där leveranserna sker via lager skulle innebära större lagernivåer. En möjlig åtgärd för att kunna hantera en volymökning av korträler skulle därför vara att öka användningen av direktleveranser, vilket diskuterats i 5.2.4. Om det sker en ökning av mindre beställningskvantiteter skulle dessa inte påverka volymerna i större utsträckning utan snarare innebära att antalet lossningar och transporter från *rälsverkstaden* ökar. Det skulle därför resultera i mer hantering i *rälsverkstaden* snarare än ett behov av att öka lagernivåerna. Eftersom nuvarande system för korträler klarat av stora volymförändringar de senaste åren och att korträslagret anses ha kapacitet för att hantera större volymer anses det inte finnas ett behov av åtgärder för att hantera en eventuell volymökning i efterfrågan av korträler.

## Produktion och distribution av långräler

Prognoser för volymökningen för långräler är tidigare presenterad i avsnitt 4.8.4. Ser man till den ökning som förväntas, att det från den genomsnittliga volymen 2013-2017 då cirka 490 000 meter långräler producerades per år till att det 2020 och 2021 kommer efterfrågas 710 000 meter respektive 600 000 meter långräler, behöver *rälsverkstaden* producera cirka 23 % till 45 % mer. Då det även har initierats ett flertal större investeringsprojekt vilka inte är inräknade i prognosen kan den efterfrågade volymen tänkas öka i än större utsträckning. Hur denna förväntade ökning sprids ut över årets veckor är också av intresse och avgör vilken flexibilitet som kommer krävas av systemet. Som tidigare nämnt, är efterfrågan av räler är säsongberoende. Utifrån detta bör det då också antas att den ökade efterfrågan inte kommer att spridas ut jämnt över året utan snarare proportionellt likt tidigare säsongsefterfrågan. I Figur 35 visas hur en efterfrågeökning med 45 % skulle se ut, baserat på hur fördelningen sett ut under åren 2013 till 2017.



Figur 35 – Fördelning av genomsnittlig efterfrågan av långräler 2013-2017 jämförd med en direkt ökning på 45 % (prognos 2020)

Det framgår från Figur 35 att en volymökning hade resulterat i att produktionen av långräler under vissa veckor skulle nå upp emot 40 000 meter. Detta skulle vida överstiga dagens produktionskapacitet även då tvåskift används. Med tanke på att utnyttjandegraden av produktionen under stora delar av året är låg är det dock möjligt att en volymökning skulle kunna hanteras med dagens resurser, om produktionen sprids ut över en större del av året.

Prognosen visar att volymen år 2020 kommer att uppgå till 710 000 meter långräler. Med utgångspunkt i att den genomsnittliga produktionsvolymen per skift är cirka 2 400 meter skulle 295 skift behövas per år, vilket kan jämföras med 175 skift under 2017, för att kunna producera en volym motsvarande den förväntade ökningen. I dagsläget är produktionen i regel utspridd över ungefär 40 veckor där tvåskift används under tolv av dessa. Under flera av dessa veckor är dock inte produktionen fullbelagd. Det antal skift som skulle krävas för att hantera en volymökning motsvarar 59 arbetsveckor. För att hantera en volymökning med dagens resurser i produktionen skulle det därför krävas både att produktionen sprids ut över en större del av året och att tvåskift skulle behöva användas i större utsträckning. Dessutom skulle det krävas att det under dessa veckor är full beläggning i produktionen. Det blir då tydligt att det skulle innebära svårigheter att hantera en volymökning med dagens resurser i produktionen. Även om det teoretiskt sett skulle finnas möjlighet att producera en tillräcklig mängd skulle det få negativa effekter för förmågan att tillgodose järnvägsprojektens behov. Järnvägsprojektens möjlighet till att få leveranser vid de tidpunkter som de önskar skulle minska eftersom produktionen skulle behövas spridas ut under en större del av året. En högre beläggning av produktionen skulle även ställa högre krav på planeringen vilket troligtvis skulle innebära en minskad flexibilitet för att hantera förändringar av beställningar. Produktionen skulle i större utsträckning än idag utgöra en flaskhals och det skulle finnas ett mindre utrymme för att hantera förseningar. Dessutom skulle en hög beläggning av produktionen under hela året innebära mindre tid för personalen att hantera andra beställningar.



Eftersom tillgången på långrälsset idag upplevs som en flaskhals är det sannolikt att även detta skulle innebära en begränsning för att kunna hantera en volymökning. Då långrälsset under de senaste två åren har använts för transporter under 217 respektive 228 dagar per år och under vart och ett av dessa år utfört 51 leveranser uppgår den genomsnittliga tiden för transport tur och retur samt lossning vid projekt till 4,4 dagar per leverans. Den genomsnittliga leveransmängden är 8 800 meter långräler vilket vid den normala produktionshastigheten tar ungefär fyra dagar att tillverka om enskift används. Tiden för att producera och distribuera en leverans tar alltså i genomsnitt 8,4 dagar. Vid en volymökning skulle således, förutsatt att den genomsnittliga leveransmängden är densamma, långrälsset sammanlagt vara i användning 677 dagar per år. Fördelat över de tre uppsättningarna skulle detta innebära att vart och ett av långrälsset skulle behöva användas för produktion och transport under 62 % av året. Detta kan jämföras med att långrälsset i dagsläget utnyttjas för transport och produktion under 48 % av tiden under högsäsong. För att kunna hantera en volymökning skulle alltså långrälsset behöva en betydligt högre utnyttjandegrad än idag. I dagsläget upplevs planeringen av användandet av långrälsset som komplicerad i synnerhet under högsäsong. Med detta i åtanke bedöms det vara svårt att klara av en volymökning enbart med dagens uppsättning av långrälsset.

## 5.4 Analys av möjliga åtgärder för att hantera en volymökning

Från analysen av effekter vid volymökning i avsnitt 5.3 framgår det att det framför att det finns begränsade möjligheter att klara en volymökning med dagens resurser i produktionen och distributionen av långräler. Detta är främst på grund av att en volymökning är sannolik att följa den säsongvariation som finns idag. Med dagens resurser finns det inte möjlighet att hantera de höjda nivåer av efterfrågan under högsäsong som en volymökning skulle innebära. Utan åtgärder skulle följderna bli att efterfrågan på långräler inte kan mötas vilket skulle leda till att många av dessa projekt istället skulle behöva förses med korträler alternativt försenas. Detta anses inte vara en hållbar lösning då det skulle innebära en försämring av kvaliteten på flera av de järnvägsanläggningar som byggs. Med anledning av detta kommer endast de alternativ till åtgärder som finns för att hantera volymökningen vilka säkerställer att konstruktionen av järnvägsanläggningar kan ske med samma kvalitet som idag diskuteras. De alternativ som kunnat identifieras är att öka kapaciteten i långrälsproduktionen eller att använda den alternativa tillverkningsmetoden mobil brännsvetsning.

### 5.4.1 Utökning av långrälsproduktion

Förmågan att hantera ökade volymer i produktionen och distributionen av långräler är begränsad av kapaciteten i produktionsanläggningen, tillgången på personal och långrälsset. För att långrälsproduktionen ska ha möjlighet att klara av en volymökning skulle det därför krävas en ökning av en eller flera av dessa resurser. Av dessa alternativ utesluts alternativet med att investera i ytterligare kapacitet i produktionsanläggningen. En investering i ytterligare en produktionslinje skulle vara mycket kostsamt och med anledning av tidigare diskussion i avsnitt 5.1.2 om den låga utnyttjandegrad som finns i produktionen idag anses det heller inte vara nödvändigt. Eftersom det finns outnyttjad tid i produktionen anses begränsningen i vilken volym av långräler som kan produceras inte vara orsakad av produktionskapaciteten, utan snarare av tillgång på personal och långrälsset. Ett annat alternativ för att hantera en volymökning vore att enbart investera i fler långrälsset. Genom att ha tillgång på fler långrälsset skulle dessa kunna nyttjas som ett färdigvarulager vilket skulle tillåta att produktionen skedde i en jämnare takt. Behovet av ha en hög kapacitet under högsäsong skulle då kunna reduceras. Detta alternativ anses dock ej vara hållbart då det skulle krävas en stor investering i ett flertal uppsättningar av långrälsset för att kunna åstadkomma denna effekt. Dessutom skulle det uppstå ett problem gällande förvaring av dessa 420 meter långa långrälsset då utrymmet på bangården vid *rälsverkstaden* är begränsat. Det alternativ som diskuteras inkluderar istället att såväl öka utnyttjandegraden av produktionen och att investera i fler långrälsset.

Som tidigare diskuterat i avsnitt 5.3 anses det dock inte vara önskvärt att endast sprida ut produktionen under en större del av året för att klara av en volymökning. På grund av säsongvariationen anses det vara tvunget att öka den mängd som kan produceras under högsäsong. För att kunna producera en större mängd under högsäsong skulle utnyttjandegraden av produktionen behöva ökas, vilket bedöms vara möjligt eftersom det, som tidigare visat, finns en stor del utnyttjad tid under lågsäsong. Ett alternativ för att göra detta är således att under perioder producera i treskift. Ett annat alternativ är att även utnyttja de helgdagar då produktionen i dagsläget inte är i bruk. Båda dessa åtgärder bedöms möjliggöra att en volymökning till 710 000 meter, med en likartad säsongsvariation som tidigare år, skulle kunna hanteras i produktionen. Detta eftersom arbete i treskift skulle innebära en möjlighet att producera cirka 37 500 meter långräler per vecka och motsvarande siffra vid utnyttjande av helgdagar är cirka 35 000 meter. Genom att i olika stor utsträckning utnyttja tvåskift och treskift, alternativt utnyttja helgdagar, skulle då denna volym kunna produceras inom de 40 veckor som produktionen varit koncentrerad till tidigare år. Även med dessa åtgärder skulle det troligtvis, i likhet med idag, fortsatt finnas ett behov av att till viss del sprida ut efterfrågan över året, om än inte i lika stor utsträckning. Åtgärderna skulle innebära ett behov av mer personal vilket är en risk med tanke på de tidigare beskrivna upplevda svårigheterna med att rekrytera och utbilda personal. Det skulle även krävas en större flexibilitet i arbetsstyrkan i avseendet att kunna arbeta under helger eller mindre bekväma arbetstider.

Det är svårt att uppskatta vilken mängd långrälsset som skulle krävas för att hantera en volymökning. Som tidigare beskrivits anses inte utnyttjandegraden av långrälsseten spegla att de är en begränsande faktor för distributionen, vilket dock beskrivits i intervjuer. Det faktum att de endast utnyttjas för transport under drygt en fjärdedel av tiden även under högsäsong, indikerar att det skulle finnas viss möjlighet att öka utnyttjandegraden. De tidigare nämnda åtgärderna för att öka den mängd som kan produceras skulle dock också få positiva följder för hur långrälsseten kan utnyttjas. Genom att använda treskift skulle tiden som långrälsseten används i produktionen för varje leverans reduceras, då produktionen är i bruk under en större del av dygnet. Att utnyttja produktionen mer skulle även innebära att den utnyttjade tiden för långrälsset samt den tid då långrälsseten enbart är lastade, reduceras. Trots detta görs bedömningen att det troligtvis skulle vara nödvändigt att åtminstone investera i ett ytterligare långrälsset för att distributionen av långräler skulle vara möjlig vid en volymökning. Denna bedömning görs främst med avseende på att långrälsseten är den största begränsningen i dagens system.

Utifrån denna analys görs bedömningen att det finns möjlighet att hantera materialförsörjningen av långräler vid en volymökning. Det skulle dock krävas en investering i såväl mer personal under perioder som en investering i fler långrälsset för att klara av detta. Kostnaden för ett långrälsset är, enligt uppskattning från platschefen i *rälsverkstaden*, 10 MSEK. Med dessa investeringar är bedömningen att produktionen och distributionen troligtvis skulle kunna hanteras på ett motsvarande sätt som idag. I och med att produktionen och distributionen med detta upplägg fortfarande är beroende av resurserna i *rälsverkstaden* hade behovet av planering och lång framförhållning kvarstått. Systemet hade därför fortsatt haft en relativt låg flexibilitet i avseendet att helt kunna tillgodose järnvägsprojektens behov och att kunna hantera förändringar på kort sikt. Ur ett perspektiv på långsiktig volymflexibilitet bedöms en upprampning genom investeringar i nuvarande långrälsproduktion inte vara fördelaktigt. Detta på grund av att de investeringar som krävs är svåra att göra sig av med vid minskad efterfrågan i framtiden.

I Tabell 23 visas en sammanställning av de effekter som en utökning av långrälsproduktionen hade inneburit vid en volymökning.

Tabell 23 – Effekter av utökning av långrälsproduktion vid volymökning

| Möjligheter   | Risker  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beprövad metod</li> <li>- Ökad utnyttjandegrad av befintliga resurser</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Behov av investeringar i långrälsset</li> <li>- Låg långsiktig volymflexibilitet</li> <li>- Behov av att rekrytera mer personal</li> <li>- Lång tid krävs för att utbilda personal</li> <li>- Mer obekväma arbetstider för personal</li> <li>- Fortsatt behov av lång planering</li> <li>- Låg flexibilitet för att hantera förändringar</li> <li>- Låg flexibilitet för att hantera beställningar med kortframförhållning</li> <li>- Fortsatt behov av att sprida ut projekt</li> </ul> |

#### 5.4.2 Användning av mobil brännsvets

Alternativet till att utöka långrälsproduktionen är att använda sig av ytterligare en tillverkningsmetod, mobil brännsvetsning. Eftersom Trafikverket är i behov av att utöka sin kapacitet är ett alternativ att implementera mobil brännsvets parallellt till nuvarande långrälsproduktion.

I och med att mobil brännsvets endast använts vid ett fåtal projekt finns det en osäkerhet kring hur upplägget skulle se ut om metoden användes i större utsträckning. Vid de tidigare järnvägsprojekten har utrustningen tillhandahållits av entreprenörerna som utfört järnvägsprojekten. Detta anses fördelaktigt ur Trafikverkets perspektiv då det inte krävs någon investering i maskiner. Dessutom krävs det ett mindre behov av koordination av resurser för Trafikverket. Användning av mobil brännsvets skulle också ge entreprenörerna en större möjlighet till att planera tidpunkten för projektet eftersom de då kan utgå från tillgängligheten av sina egna resurser. I jämförelse med vid användandet av långräler förskjuts då ansvaret för att säkra tillgång på produktionsresurser helt till entreprenören, vilket kan innebära risker. Entreprenörens förmåga att säkra en tillräcklig kapacitet av utrustning är då en förutsättning för att kunna utföra projektet. Detta kräver att entreprenörerna själva investerar i tillräcklig kapacitet eller har möjlighet att hyra in utrustning från underleverantörer.

Användning av mobil brännsvets skulle alltså kunna innebära en möjlighet för Trafikverket att möta en volymökning utan större investeringar i personal och utrustning, då förslaget inte innebär förändringar i den nuvarande produktionen och distributionen av långräler. Att produktionen till viss del utlokaliseras till entreprenören ger Trafikverket en möjlighet till långsiktig volymflexibilitet. Eftersom det inte krävs några investeringar av Trafikverket vid användandet av denna metod skulle en minskad efterfrågan i framtiden inte få samma konsekvenser för utnyttjandegraden av resurserna. Användandet av mobil brännsvets skulle dock kunna leda till ett behov av investeringar för entreprenörer. I de tidigare projekt där metoden använts har det dock funnits möjlighet att hyra in utrustning vilket ger en möjlighet till långsiktig volymflexibilitet även för entreprenörerna.

Eftersom mobil brännsvetsning tillåter försörjning med korträler belastar inte dessa projekt långrälsseten i distributionen. Om volymökningen täcks av produktion med mobil brännsvets krävs därför inga investeringar i fler långrälsset vilka fortsatt kan vara dedikerade till distributionen av långräler. I och med att produktionen använder korträler möjliggör detta att dessa järnvägsprojekt kan förses såväl från *rälsverkstaden* som direkt från leverantör. Att två försörjningsvägar kan användas ger en ökad flexibilitet för distributionen i stil med flexibilitetsstrategin *alternativa rutter*. Detta innebär att de olika kraven på ledtider, tillgång på material och kostnader lättare kan anpassas genom val av försörjningssätt. Om metoden används som ett komplement till den nuvarande långrälsproduktion innebär detta att det även finns alternativa rutter för produktionen vilket är positivt för flexibiliteten. Då flaskhalsen i produktionen och distributionen till viss del undviks, blir järnvägsprojekten inte i samma utsträckning beroende av tid i långrälsproduktionen utan kan utgå från sina egna resurser. Det finns då inte samma behov av att sprida ut projekten och de kan därför till större del utföras när förhållandena är som bäst.

Användning av mobil brännsvetsning innebär att produktionen senareläggs i försörjningskedjan i jämförelse med långrälsproduktion. Då det inte finns samma behov av planering som vid långrälsproduktion, där produktionen bokas upp sex till tolv månader i förväg, behöver framförhållningen för järnvägsprojekten inte vara lika lång och det finns större flexibilitet att göra förändringar senare i förloppet då ledtiden av material från leverantör är 25 dagar. Användning av mobil brännsvets stämmer därför även bra överens med flexibilitetsstrategin *ledtidsreduktion*. I och med mindre krav på planering av och anpassning till långrälsproduktionen krävs även en mindre mängd administrativt arbete inom *Materialservice* för beställningar till de järnvägsprojekt som använder mobil brännsvets. Detta då enbart beställningsprocessen för korträlsbeställningar behöver genomföras.

I Tabell 24 visas en sammanställning av de effekter som användning av mobil brännsvets som ett komplement hade inneburit vid en volymökning.

*Tabell 24 – Effekter av användande av mobil brännsvetsning vid volymökning*

| <b>Möjligheter</b>                                 | <b>Risker</b>                            |
|--|--|
| - Inget behov av investeringar av Trafikverket     | - Ny tillverkningsmetod                  |
| - Långsiktig volymflexibilitet                     | - Behov av investeringar för entreprenör |
| - Senareläggning av produktion                     | - Större beroende av entreprenör         |
| - Mindre behov av planering                        |  |
| - Större flexibilitet för att hantera förändringar |  |
| - Alternativa rutter för produktion                |  |
| - Fler försörjningsvägar                           |  |
| - Flexiblare försörjning                           |  |

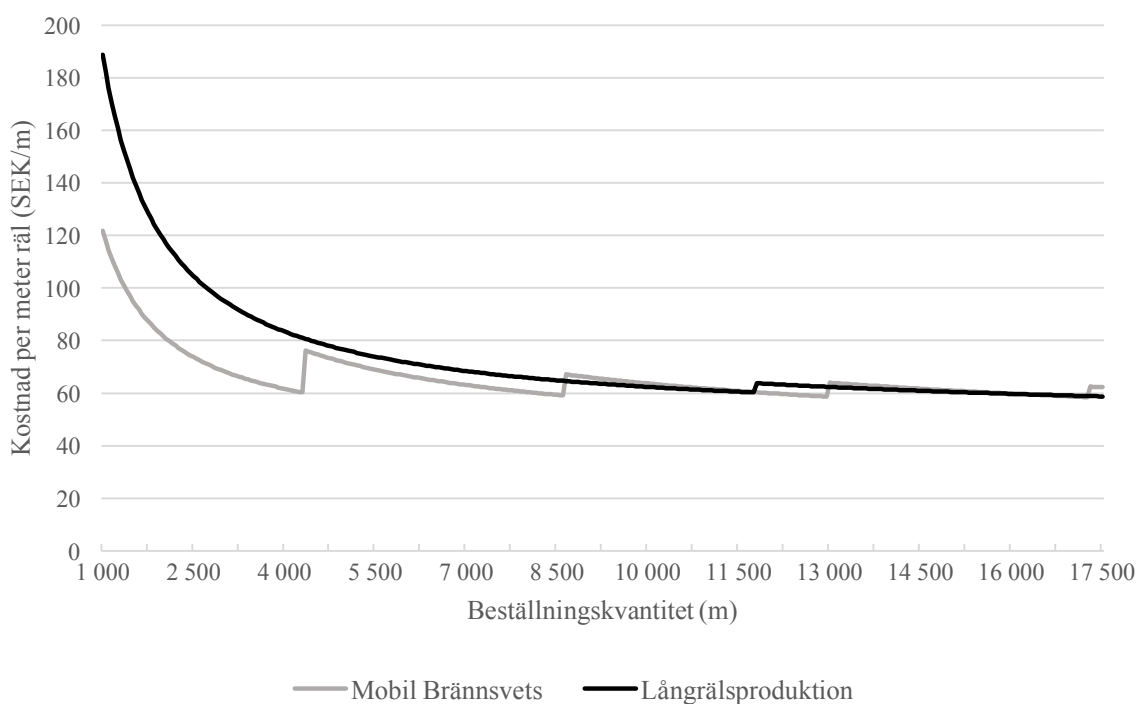
### 5.4.3 Jämförelse av åtgärder

Båda de alternativ som beskrivs ovan bedöms möjliggöra att Trafikverket skulle kunna hantera en volymökning. Alternativet med att använda mobil brännsvetsning har klara fördelar i och med den flexibilitet det innebär för materialförsörjningen. Dessutom innebär detta alternativ att Trafikverket kan undgå att göra stora investeringar. Det är dock relevant att även jämföra de olika alternativen utifrån de kostnader som uppstår för järnvägsprojekten. Nedan presenteras därför en kostnadsjämförelse mellan användning av långräler respektive mobil brännsvetsning vid projekt.

För att göra en uppskattning av kostnaden för användning av mobil brännsvets jämfört med långrälsproduktion har en kostnadsmodell skapats vilken återfinns i Appendix GF.1. Figur 36 och Figur 37 visar hur kostnaderna skiljer sig åt vid olika projekt. I kostnadsmodellen inkluderas enbart de kostnadsposter vilka skiljer sig åt vid användning av de olika tillverkningsmetoderna. Figurerna visar därför inte totalkostnaden utan snarare skillnaden i kostnad vilken påverkas av val av tillverkningsmetod. Vidare bygger kostnadsmodellen på ett upplägg där en bestämd rälsort och rärlängd används. Resultaten i figurerna genererades med upplägget att rälsorten 60E1 används, 60-meterslängder används i långrälsproduktionen och vid mobil brännsvetsning används 120-meterslängder som förses med direktleverans. I Appendix GF.1 beskrivs mer detaljerat hur kostnaderna i modellen har bestämts, hur beräkningarna har gjorts och varför detta upplägg är valt.

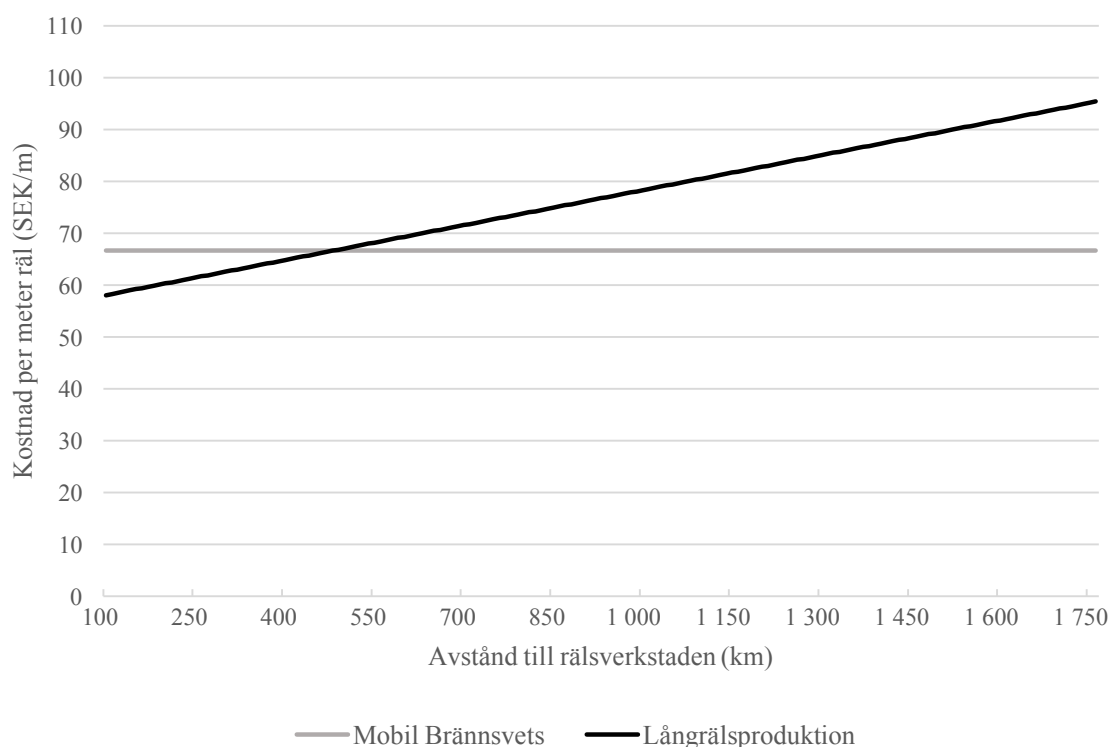
I och med denna analys är det viktigt att påpeka att kostnaderna i modellen till stor del är baserade på uppskattningar gjorda av anställda vid Trafikverket och entreprenörer. För att ge en mer exakt kostnadskalkyl skulle mätningar av verkliga kostnader behöva göras i stor utsträckning. Kostnadsmodellen bygger på en uppskattning av kostnader som uppstår vid ett godtyckligt järnvägsprojekt. Det bör därför även påpekas dessa kostnader skiljer sig mycket från projekt till projekt beroende på flertalet faktorer så som väderförhållanden eller terräng. Det kan i och med detta finnas ytterligare projektspecifika faktor som gör att en tillverkningsmetod är lämpligare än den andra. Kostnadsmodellen bedöms dock ge en bra indikation om hur kostnaderna skiljer sig åt för de två alternativa åtgärderna vid ett godtyckligt järnvägsprojekt.

I Figur 36 visas hur kostnaderna varierar beroende på beställningskvantitet vid användning av mobil brännsvets respektive långrälsproduktion. En tydlig kostnadsskillnad uppstår vid de steg där beställningskvantiteten överstiger varje gräns för ett koppel respektive ett långrälsset. Detta då det vid dessa gränser tillkommer ytterligare kostnader för transport och lossning. Vid små kvantiteter finns en tydlig fördel med användning av mobil brännsvets men då volymerna ökar går det växelvis mellan vilken metod som är kostnadsmässigt fördelaktig och skillnaderna är marginella.



Figur 36 – Kostnad per meter räl för skilda kostnader mellan mobil brännsvets och långrälsproduktion efter beställningskvantitet

Från Figur 37 framgår det att användning av mobil bränsvets, med det valda upplägget, är mer fördelaktigt desto längre avståndet är från *rälsverkstaden*. Detta då transportkostnaden vid mobil bränsvetsning enbart beror på antalet transporter och ej avstånd medan långrälers transportkostnad utgår från avståndet. Den fasta transportkostnaden för mobil bränsvetsning beror på att rälerna levereras med leveransvillkoret DDP till en taxepunkt. Den enda transportkostnad som uppstår är därför från taxepunkten till platsen för järnvägsprojektet. Kostnadsfördelarna uppstår dock först då avståndet mellan projekt och *rälsverkstaden* är cirka 500 kilometer. I och med att exempelvis Göteborg, Stockholm och Malmö ligger inom detta avstånd är användning av långrälsproduktion fördelaktigt för en stor del av de planerade och pågående järnvägsprojekten, med hänvisning till Figur 19. Dock ligger många av projekten inom ett avstånd där det är svårt att avgöra vilken metod som är kostnadsmässigt mest fördelaktigt, det vill säga nära ett avstånd på 500 kilometer.



Figur 37 – Kostnad per meter räl för skilda kostnader mellan mobil bränsvets och långrälsproduktion efter avstånd till rälsverkstaden

Figur 36 och Figur 37 indikerar att det, med det valda upplägget, i många fall skulle vara mer fördelaktigt ur ett kostnadsperspektiv att använda mobil bränsvetsning i jämförelse med användning av långräler. Med den kostnadsjämförelse som gjorts framstår mobil bränsvetsning i synnerhet vara ett billigare alternativ i de fall då avståndet från järnvägsprojektet till *rälsverkstaden* är stort samt då beställningskvantiteten är förhållandevis liten.

## 6 Slutsats & rekommendation

*Detta kapitel syftar till att summera resultaten från studien samt ge en återkoppling till studiens syfte och den problemformulering som presenterades i introduktionen. Kapitlet innehåller en diskussion kring olika aspekter av problemet och tankar om analysen. Avslutningsvis presenteras i detta kapitel en rekommendation till Trafikverket.*

### 6.1 Besvarande av frågeställningar

#### **Vilket behov av flexibilitet finns för materialförsörjningen av räler och hur hanteras detta?**

Utifrån insamlad empiri från främst orderdata, interna dokument och intervjuer, samt genom teori gällande flexibilitet i försörjningskedjor utfördes en nulägesanalys. Nulägesanalysen innefattade en analys av vilket behov av flexibilitet som finns i de olika områdena försörjning, produktion och distribution samt hur detta behov hanteras.

Eftersom det finns en betydande variation i efterfrågan mellan åren samt en förväntad volymökning de kommande åren finns det ett behov av en volymflexibilitet hos leverantörerna. Bedömningen är att denna flexibilitet med tanke på leverantörernas produktionskapacitet är tillräcklig. På grund av det begränsade lagerutrymmet i *rälsverkstaden* finns det i dagsläget ett behov av en flexibilitet hos leverantörerna att kunna hantera olika beställningskvantiteter. Flexibla beställningskvantiteter är en förutsättning för att inte överstiga lagerutrymmet i *rälsverkstaden*. Huvudleverantörens beställningsvillkor anses vara tillräckliga för att tillgodose detta behov av flexibilitet. De förhållandevis långa ledtiderna vid beställning från leverantör, vilka är en följd av stora avstånd och att endast tågtransporter används, ställer krav på en lång framförhållning och innebär en minskad flexibilitet för att hantera mer akuta beställningar av material. Eftersom *Materialservice* har relativt god kännedom om hur efterfrågan ser ut i förväg är detta behov av flexibilitet dock relativt lågt. Den låga leveransprecisionen i de inkommande leveranserna är orsakade av osäkerheter med tågtransport och inom tågbranschen. Det finns begränsade möjligheter för Trafikverket att påverka dessa omständigheter och det är därför ett måste att kunna anpassa sig till försenade leveranser. I dagsläget görs detta genom att tillämpa säkerhetsledtider och att ha ett säkerhetslager i *rälsverkstaden*.

Behovet av flexibilitet i materialförsörjningen av korräler anses vara hög. Det finns för dessa produkter i många fall ett behov av korta ledtider. Trafikverket hanterar detta genom att de flesta av dessa beställningar kan förses från lager samt genom att möjligheten finns att transportera kortare längder av korräler med lastbil. Flexibilitet krävs även då beställningskvantiteterna varierar mycket mellan beställningar. Detta hanteras genom möjligheten att använda flertalet transportsätt, där små beställningskvantiteter enklast sker med tåg eller lastbil från lagret och att större beställningskvantiteter kan tillgodoses med direktleveranser från leverantörer. Den största svårigheten i materialförsörjningen av korräler är att hantera större beställningsvolymmer som görs med kort framförhållning.

Produktionen och distributionen av långräler bygger på en långsiktig planering. Detta innebär en minskad flexibilitet för att kunna hantera beställningar med kortare framförhållning samt ändringar i planeringen. Detta leder till att projekt i vissa fall istället behöver använda sig av korträler vilket leder till en sämre kvalitet. Den stora säsongvariationen i efterfrågan leder till ett behov av volymflexibilitet över året. Detta hanteras till viss del av användandet av tillfällig personal under högsäsong. Den begränsade kapaciteten i dagens system leder dock till att järnvägsprojekt i viss mån måste flyttas för att kunna få tid i produktionen. Med en relativt statisk produktion och ingen möjlighet till färdigvarulagring blir utnyttjandegraden av produktion låg sett till hela året. Den förväntade volymökningen innebär dessutom finns det ett behov av en långsiktig volymflexibilitet då prognoser talar för att efterfrågan kommer att stiga till högre volymer än vad nuvarande produktion och distribution kan hantera.



## Vilka möjliga åtgärder finns för att förbättra Trafikverkets förmåga att tillgodose efterfrågan av räler och hantera en volymökning?

Med grund i nulägesanalysen identifierades alternativ för materialförsörjningen för att öka förmågan att tillgodose efterfrågan. Alternativen analyserades för att utreda möjlig effekt, krav på investeringar samt lämplighet. Inom studien presenterades sedan analysen av alternativ i avsnitt 5.2 och 5.4.

De alternativa åtgärder som identifierades för försörjningen från leverantörerna, är användning av alternativa transportsätt samt ökade beställningskvantiteter. Försörjning med båttransport skulle innebära att fler försörjningsvägar öppnas upp. Det skulle dessutom kunna innebära en ökad flexibilitet ur Trafikverkets perspektiv, om rälerna mellanlagras av leverantören. Dock är detta alternativ till stor del beroende av leverantörernas förutsättningar och vilka villkor som erbjuds vid en framtida leverantörsupphandling. Alternativet med större beställningskvantiteter genom beställningar av heltåg skulle eventuellt leda till högre leveransprecision. Det bedömdes dock endast vara aktuellt för leveranser till långrälsproduktionen. Det ansågs också vara osäkert om detta alternativ skulle innebära positiva effekter eftersom ökningen av leveransprecisionen isåfall sker på bekostnad av den flexibilitet gällande beställningskvantitet som finns i dagsläget.

Även möjligheten till att ha en decentraliserad lagerstruktur diskuterades som en möjlig åtgärd för att bättre tillgodose efterfrågan för vissa beställningar. Det ansågs dock vara oklart om det verkligen finns ett behov av denna åtgärd. Detta eftersom de beställningar för vilka detta skulle vara aktuellt utgör relativt liten volym och dessutom redan kan tillgodoses med relativt korta ledtider. För att utreda om det finns ett behov av ytterligare lager för att reducera ledtiden skulle det krävas mer information om hur beställarna upplever dagens ledtider.

Eftersom en stor del av volymen av kontraler beställs med lång framförhållning, och att direktleveranser i många aspekter är fördelaktigt för *Materialservice*, identifierades ett ökat användande av dessa som ett möjligt alternativ för att förbättra materialförsörjningen ur ett kostnadsperspektiv. Dessutom skulle ett ökat användande av direktleveranser leda till en mindre belastning för *rälsverkstaden*. Eftersom de flesta beställningar för vilka detta är relevant, görs med lång framförhållning, anses denna åtgärd inte utgöra någon större begränsning av flexibiliteten ur järnvägsprojektens perspektiv. En förutsättning för detta är dock att möjligheten att leverera från lager kvarstår, för att kunna tillgodose de beställningar som görs med kort framförhållning. Det anses dock krävas en mer utförlig utredning kring de kostnader som uppstår i samband med direktleverans, exempelvis vilka avgifter som tas ut av leverantören vid beställningar av kvantiteter som inte motsvarar fulla koppel, samt vilka kostnader som uppstår vid försenade direktleveranser.

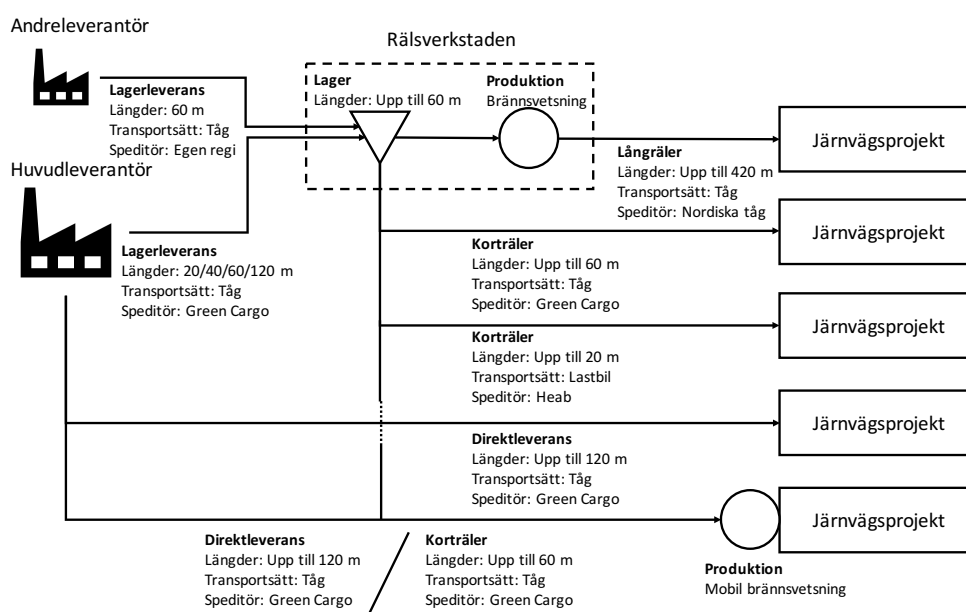
För att hantera en volymökning ansågs behovet av åtgärder framför allt vara aktuellt för produktionen och distributionen av långräler. Två alternativ identifierades för att kunna för att hantera den kommande volymökningen. Det första alternativet innebär att Trafikverket skulle utöka kapaciteten i långrälsproduktionen i *rälsverkstaden* samt i distributionen. Förslaget anses ge möjligheter till att möta ökade volymer men kräver större investeringar främst i långrälsset. Vidare anses detta innebära att flexibiliteten förblir oförändrad eller möjligtvis försämras i och med detta alternativ. Detta då det fortsatt skulle kräva en lång planering och svårigheter att hantera sena förändringar. Järnvägsprojekt skulle fortsatt behöva planeras om till andra datum alternativt använda sig av kontraler. Det andra alternativet för produktion och distribution av långräler innebär att Trafikverket skulle använda sig av ytterligare en tillverkningsmetod, mobil brännsvetsning, som ett komplement till nuvarande produktion för att klara av volymökningen. Denna åtgärd bedömdes innebära flertalet positiva effekter för flexibiliteten. Främst ger det ytterligare möjligheter för järnvägsprojekten att själva anpassa resurser och kortare framförhållningar skulle kunna tillgodose. Dessutom kräver detta alternativ inte några investeringar från Trafikverket och innebär även att fler försörjningsvägar så som direktleveranser kan användas. Den kostnadsjämförelse som gjordes mellan de båda försörjningsalternativen indikerade dessutom att användning av mobil brännsvetsning i flera fall är ett billigare alternativ.

## 6.2 Rekommendation

Dagens upplägg för försörjningen från leverantör bedöms vara fördelaktig med tanke på den flexibilitet som erbjuds från leverantör och att upplägget uppfattas som välfungerande från Trafikverkets sida. Trots bristerna med tågtransport finns många fördelar i och med att mindre kvantiteter kan beställas vilket möjliggör direktleveranser och JIT-leveranser. Rekommendationen till Trafikverket är att vid framtida leverantörsupphandlingar fortsatt vara öppna för förslag från leverantör där båttransport används. Detta främst på grund av de fördelar som en försörjningslösning med mellanlagring skulle kunna innebära. En förutsättning för att detta ska vara aktuellt är dock att leverantören kan erbjuda en säker lagring av rälerna och en tillfredsställande försörjning till *rälsverkstaden*.

Trafikverket rekommenderas att utreda möjligheterna till att, i större utsträckning än idag, förse järnvägsprojekt med direktleveranser. Det skulle leda till minskade lagerföringskostnader samt frigöra resurser i *rälsverkstaden*. För att möjliggöra detta rekommenderas Trafikverket att se över hur kostnaderna fördelas vid direktleverans i jämförelse med lagerleverans. I och med detta skulle *Materialservice* kunna anpassa priserna av räler för järnvägsprojekten vilket väntas leda till att direktleveranser anses mer lönsamt för fler järnvägsprojekt.

För att hantera den kommande volymökningen rekommenderas Trafikverket att införa användandet av mobil brännsvets som ett komplement till dagens långrälsproduktion. Detta anses mer fördelaktigt än att utöka den nuvarande långrälsproduktionen, på grund av att det möjliggör en mer flexibel materialförsörjning. Om möjligt anses det vara mest fördelaktigt om entreprenörerna tillhandahåller utrustningen för mobila brännsvetsning för att undvika investering av Trafikverket samt öka entreprenörernas möjlighet att själva planera användningen av sina resurser. Försörjningen av räler till järnvägsprojekt där mobil brännsvets används bör i största möjliga mån göras med direktleveranser men försörjningen bör även kunna ske med leveranser från lagret i *rälsverkstaden*. Detta då det öppnar upp för fler försörjningsvägar och ger en ökad flexibilitet för beställarna. I Figur 38 visas ett förslag på hur en framtida försörjningskedja skulle kunna ut. Trafikverket rekommenderas till att börja med använda mobil brännsvets i ett flertal olika projekt för att på så sätt tydligare kunna identifiera kostnader och på så sätt kunna identifiera vid vilka förhållanden som tillverkningsmetoden är mest fördelaktig att använda.



Figur 38 – Förslag på framtida försörjningskedja

# 7 Referenser

## Skriftliga referenser

- Angkiriwang, R., Pujawan, I. N. & Santos, B., 2014. Managing uncertainty through supply chain flexibility: reactive vs. proactive approaches. *Production & Manufacturing Research*, 2(1), pp. 50-70.
- Arbnor, I. & Bjerke, B., 1994. *Företagsekonomisk metodlära*. Lund: Studentlitteratur.
- Basse, I., Sauer, A. & Schmitt, R., 2014. *Scalable Ramp-Up of Hybrid Manufacturing Systems*. Aachen, Germany, Elsevier B.V.
- Beamon, B. M., 1999. Measuring supply chain performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(3), pp. 275-292.
- Bell, E. & Bryman, A., 2003. *Företagsekonomiska forskningsmetoder*. 1:a red. Malmö: Liber Ekonomi.
- Bjørnland, D., Persson, G. & Virum, H., 2003. *Logistik för konkurrenskraft : ett ledaransvar*. 1:a red. Malmö: Liber Ekonomi.
- Chopra, S. & Meindl, P., 2013. *Supply chain management : strategy, planning and operation*. 5:e red. Harlow: Pearson Education.
- Cooper, M. C., Lambert, D. M. & Pagh, J. D., 1997. Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. *The International Journal of Logistics Management*, 8(1), pp. 1-14.
- Council of Supply Chain Management Professionals, 2013. *CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary*. [Online] Available at: [http://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921](http://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921) [Använd 6 10 2017].
- Denscombe, M., 2010. *The good research guide: for small-scale social research projects*. 4:e red. Maidenhead: Open University Press.
- Duclos, L. K., Vokurka, R. J. & Lummus, R. R., 2003. A conceptual model of supply chain flexibility. *Industrial Management & Data Systems*, 103(6), pp. 446-456.
- Ellram, L. M., 1996. The use of the case study method in logistics research. *Journal of Business Logistics*, 17(2), pp. 93-138.
- Fisher, M. L., 1997. What Is the Right Supply Chain for Your Product?. *What Is the Right Supply Chain for Your Product?*, 75(2), pp. 105-116.
- Fjällström, S., Säfsen, K., Harlin, U. & Stahre, J., 2009. Information enabling production ramp-up. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(2), pp. 178-196.
- Gammelgaard, B., 2004. Schools in logistics research?: A methodological framework for analysis of the discipline. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(6), pp. 479-491.
- Gardner, J. T. & Cooper, M. C., 2003. Strategic Supply Chain Mapping Approaches. *Journal of Business Logistics*, 24(2), pp. 37-64.

- Gosling, J., Naim, M. & Towill, D., 2013. A supply chain flexibility framework for engineer-to-order systems. *Production Planning & Control*, 24(7), pp. 552-566.
- Höst, M., Regnell, B. & Runeson, P., 2006. *Att genomföra examensarbete*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Hayes, R. H. & Wheelwright, S. C., 1979. Link manufacturing process and product life cycles. *Harvard Business Review*, 57(1), pp. 133-140.
- Jack, E. P. & Raturi, A., 2002. Sources of volume flexibility and their impact on performance. *Journal of Operations Management*, 20(5), pp. 519-548.
- Jonsson, P. & Mattsson, S.-A., 2011. *Logistik: läran om effektiva materialflöden*. 2:a red. Lund: Studentlitteratur.
- Kaplan, R. S. & Norton, D. P., 2000. Having Trouble with Your Strategy? Then Map it. *Harvard Business Review*, 78(5), pp. 167-176.
- Koste, L. L. & Malhotra, M. K., 1999. A theoretical framework for analyzing the dimensions of manufacturing flexibility. *Journal of Operations Management*, 18(1), pp. 75-93.
- Ljungberg, A. & Larsson, E., 2012. *Processbaserad verksamhetsutveckling*. 2:a red. Lund: Studentlitteratur.
- Lumms, R. R., Duclus, L. K., Vokurka & J., R., 2003. Supply Chain Flexibility: Building a New Model. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 4(4), pp. 1-13.
- Lumsden, K., 2006. *Logistikens grunder*. 2:a red. Lund: Studentlitteratur.
- Matta, A., Tomasella, M. & Valente, A., 2007. Impact of ramp-up on the optimal capacity-related reconfiguration policy. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 19(3), pp. 173-194.
- Mattsson, S.-A., 2002. *Logistik i försörjningskedjor*. 1:a red. Lund: Studentlitteratur.
- Mentzer, J. T. o.a., 2001. Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), pp. 1-25.
- Olhager, J., 2013. *Produktionsekonomi*. 2:a red. Lund: Studentlitteratur.
- Oskarsson, B., Aronsson, H. & Ekdahl, B., 2013. *Modern Logistik - för ökad lönsamhet*. 4:e red. Stockholm: Liber AB.
- Pujawan, I. N., 2004. Assessing supply chain flexibility: a conceptual framework and case study. *International Journal of Integrated Supply Management*, 1(1), pp. 79-97.
- Sánchez, A. M. & Pérez, M. P., 2005. Supply chain flexibility and firm performance: A conceptual model and empirical study in the automotive industry. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(7), pp. 681-700.
- Schuh, G., Desoi, J.-C. & Tücks, G., 2005. Holistic Approach for Production Ramp-Up in Automotive Industry. *Advances in Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering*, pp. 255-268.
- Stevenson, M. & Spring, M., 2007. Flexibility from a supply chain perspective: definition and review. *International Journal of Operations & Production Management*, 27(7), pp. 685-713.
- Stock, J. R. & Lambert, D. M., 2001. *Strategic logistics management*. 4e red. Boston: McGraw-Hill/Irwin.

Trafikverket, 2017. *Trafikverkets bygg- och utredningsprojekt.* [Online] Available at: <https://www.trafikverket.se/nara-dig/Projekt/> [Använd 2 12 2017].

Van Hoek, R. I., 2001. The rediscovery of postponement a literature review and directions for research. *Journal of Operations Management*, 19(2), pp. 161-184.

Van Kampen, T. J., Van Donk, D. P. & Van Der Zee, D.-J., 2010. Safety stock or safety lead time: coping with unreliability in demand and supply. *International Journal of Production Research*, 48(24), pp. 7463-7481.

Yin, R. K., 2006. *Fallstudier: design och genomförande*. 1:a red. Malmö: Liber.

Yin, R. K., 2013. *Kvalitativ forskning från start till mål*. 1:a red. Lund: Studentlitteratur AB.

## Muntliga referenser

| Namn              | Roll   | Avdelning                 | Datum      |
|-------------------|--|---------------------------|------------|
| Niklas Aldin      | Funktionsansvarig Strategisk Materialförsörjning | Inköpsutveckling          | 2017-10-18 |
| Anders Boëthius   | Kategoriledare BEST/bana                         | Inköpsutveckling          | 2017-11-27 |
| Sofia Elfving     | Kvalificerad inköpare                            | Varor och tjänster        | 2017-10-18 |
| Mattias Häggström | Avdelningschef                                   | Varor och tjänster        | 2018-01-08 |
| Ensar Dokaj       | Controller Materialservice                       | Verksamhetsstyrning       | 2017-10-31 |
| Lars Nilsson      | Platschef  | Rälsverkstaden            | 2017-11-22 |
| Lena Jonsson      | Operatör   | Rälsverkstaden            | 2017-10-18 |
| Bo Erixon         | Produktionsplanerare                             | Rälsverkstaden            | 2017-11-01 |
| Mats Karlsson     | Logistikchef                                     | Materialservice           | 2017-10-31 |
| Ewa Söderblom     | Materialplanerare                                | Materialservice           | 2017-10-31 |
| Hanna Zeer        | Orderkoordinator                                 | Materialservice           | 2017-11-22 |
| Thomas Bladh      | Projektlogistiker                                | Materialservice           | 2017-11-23 |
| Peter Bjers       | Projektledare                                    | Investering Syd           | 2017-10-25 |
| Jacob Larsson     | Projektingenjör                                  | Investering Syd           | 2017-11-07 |
| N. N.             | Arbetsledare                                     | Infranord                 | 2017-12-12 |
| Björn Drakenberg  | Försäljningschef Skandinavien                    | voestalpine Schienen GmbH | 2018-01-12 |

# Appendix A

Nedan visas vilka kvantiteter som motsvarar ett koppel samt heltåg vid beställningar från leverantörerna.

## A.1 Kvantiteter för koppel

| Rälprofil | Längd | Huvudleverantör |             |              | Andreleverantör |             |              |
|-----------|-------|-----------------|-------------|--------------|-----------------|-------------|--------------|
|           |       | Antal räler     | Antal meter | Antal vagnar | Antal räler     | Antal meter | Antal vagnar |
| 50E3      | 20 m  | 39              | 780         | 1            |                 |             |              |
| 50E3      | 40 m  | 39              | 1 560       | 2            |                 |             |              |
| 50E3      | 60 m  | 39              | 2 340       | 3            | 42              | 2 520       | 4            |
| 50E3      | 120 m | 39              | 4 680       | 6            |                 |             |              |
| 60E1      | 20 m  | 36              | 720         | 1            |                 |             |              |
| 60E1      | 40 m  | 36              | 1 440       | 2            |                 |             |              |
| 60E1      | 60 m  | 36              | 2 160       | 3            | 39              | 2 340       | 4            |
| 60E1      | 120 m | 36              | 4 320       | 6            |                 |             |              |

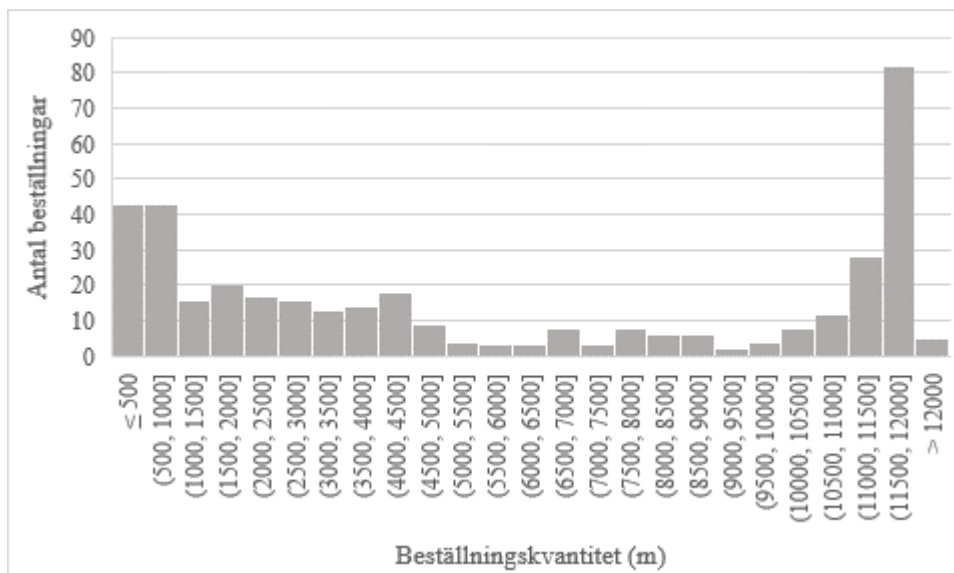
## A.2 Koppel per heltåg

| Rälprofil | Längd | Antal koppel per heltåg | Antal meter                       |
|-----------|-------|-------------------------|-----------------------------------|
|           |       |                         | (Huvudleverantör/Andreleverantör) |
| 50E3      | 20 m  | 24                      | 14040                             |
| 50E3      | 40 m  | 12                      | 14040                             |
| 50E3      | 60 m  | 6                       | 14040/15120                       |
| 50E3      | 120 m | 3                       | 14040                             |
| 60E1      | 20 m  | 24                      | 12960                             |
| 60E1      | 40 m  | 12                      | 12960                             |
| 60E1      | 60 m  | 6                       | 12960/14040                       |
| 60E1      | 120 m | 3                       | 12960                             |

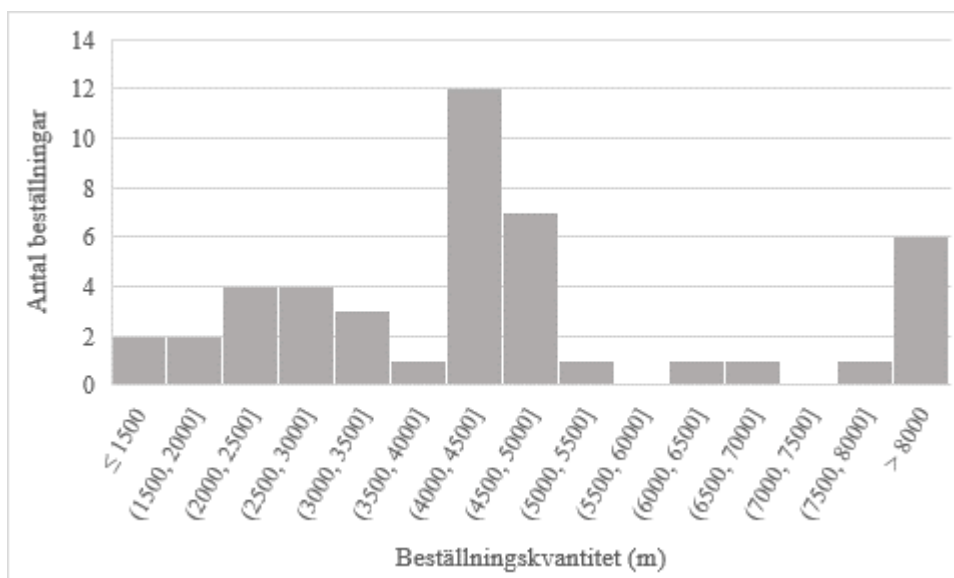
# Appendix B

Nedan visas fördelningar av beställningskvantiteter för beställningar av järnvägsprojekt under åren 2013-2017.

## B.1 Fördelning av beställningskvantitet för långräler 2013-2017

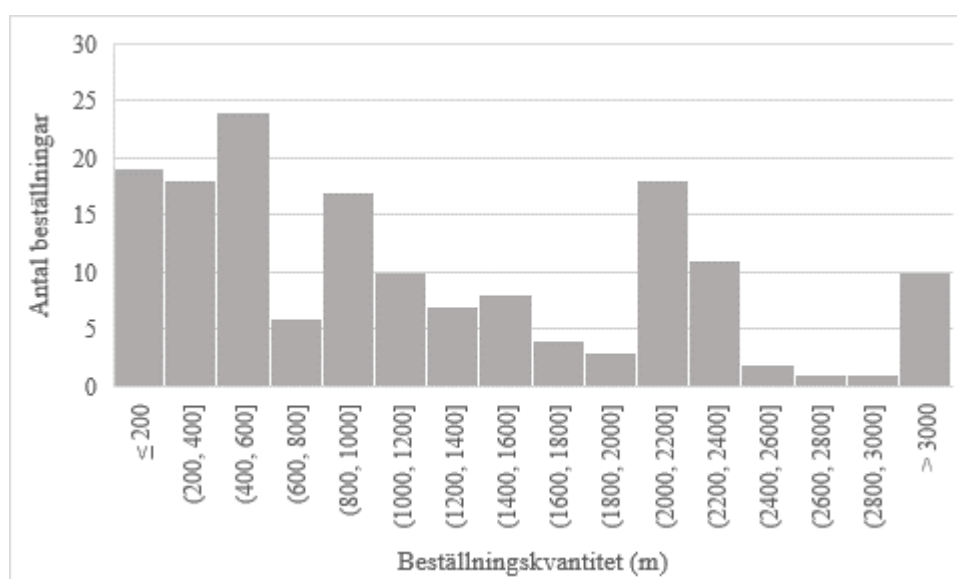


## B.2 Fördelning av beställningskvantitet för rällängd 120 meter 2013-2017

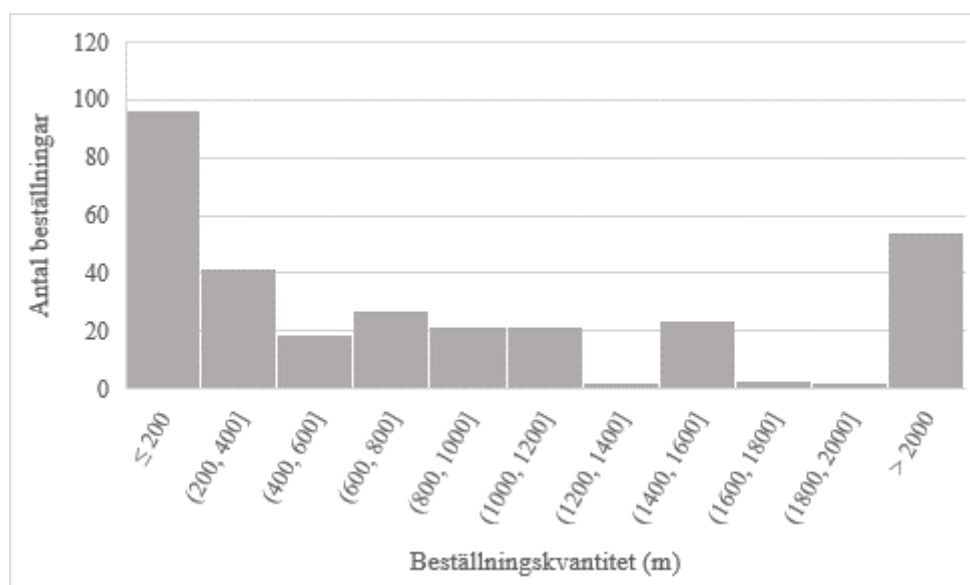




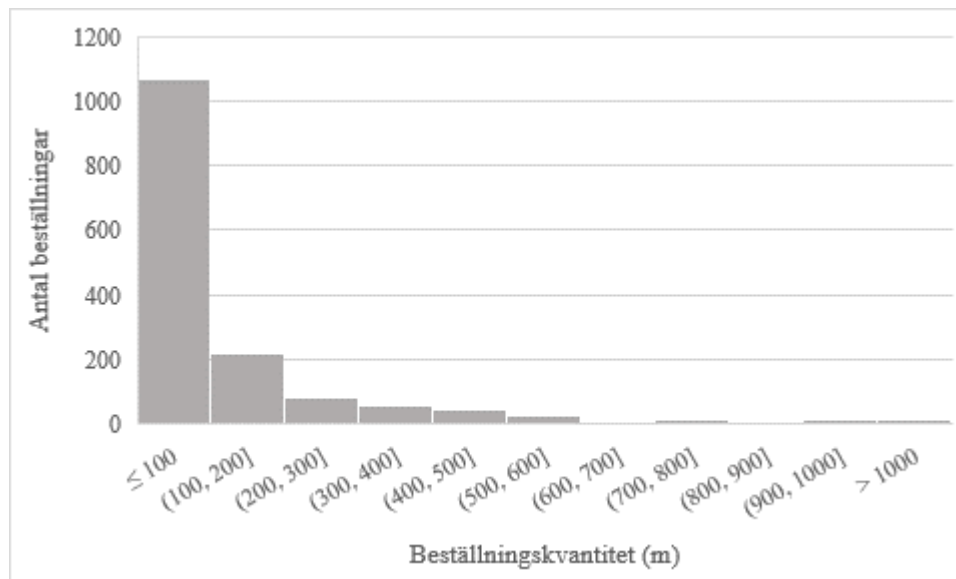
### B.3 Fördelning av beställningskvantitet för rällängd 60 meter 2013-2017



### B.4 Fördelning av beställningskvantitet för rällängd 40 meter 2013-2017



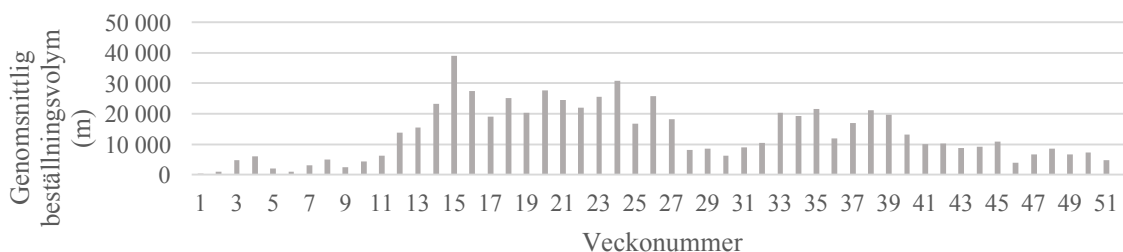
## B.5 Fördelning av beställningskvantitet för rällängd 20 meter 2013-2017



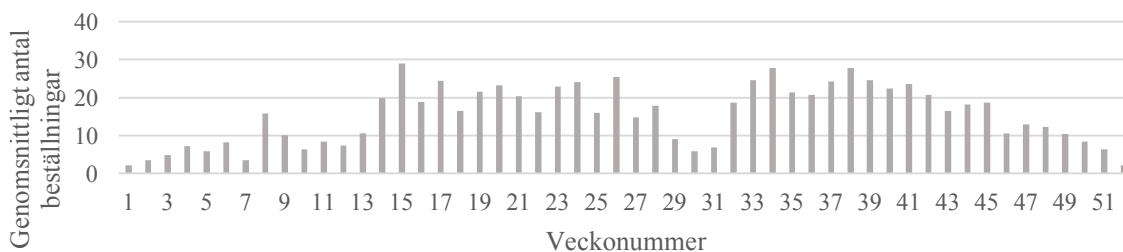
# Appendix C

Nedan visas ett genomsnitt av hur beställningsvolymen respektive antalet beställningar, för samtliga räler och för olika rällängder, är fördelade över året sett till perioden 2013 till 2017.

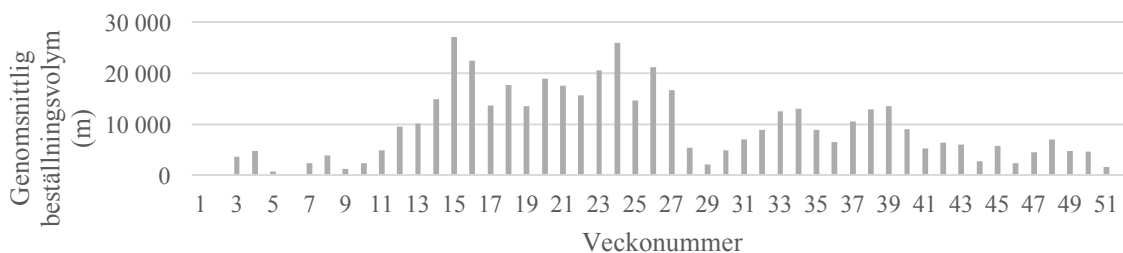
## C.1 Fördelning av total beställd volym per vecka 2013-2017



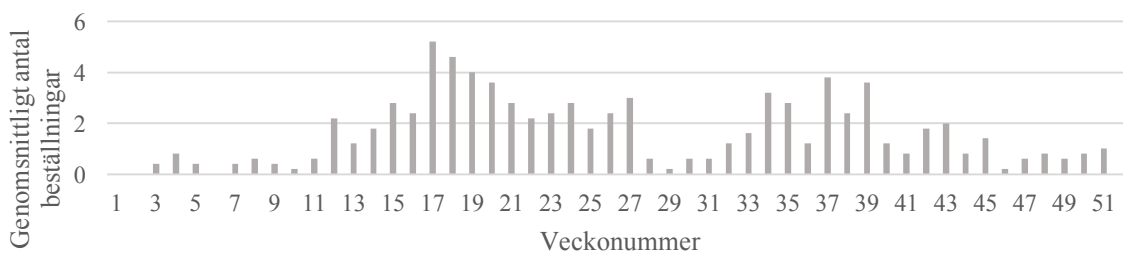
## C.2 Fördelning av totala antalet beställningar per vecka 2013-2017



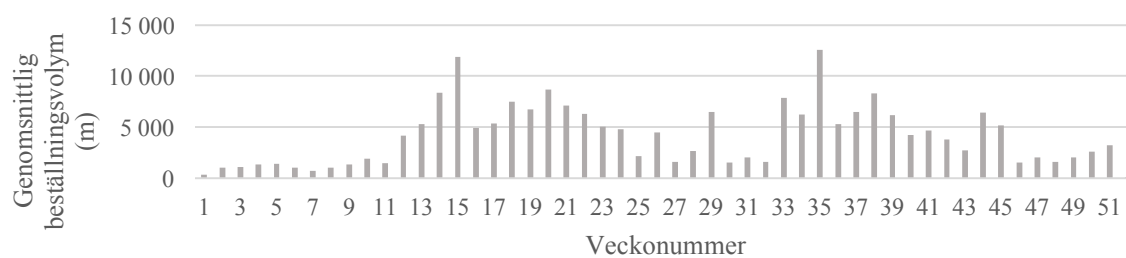
## C.3 Fördelning av beställd volym per vecka 2013-2017 för långräler



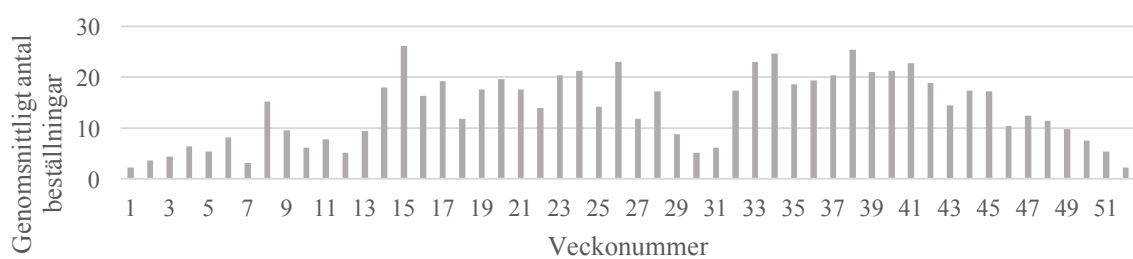
## C.4 Fördelning av antalet beställningar per vecka 2013-2017 för långräler



### C.5 Fördelning av beställd volym per vecka 2013-2017 för korträler



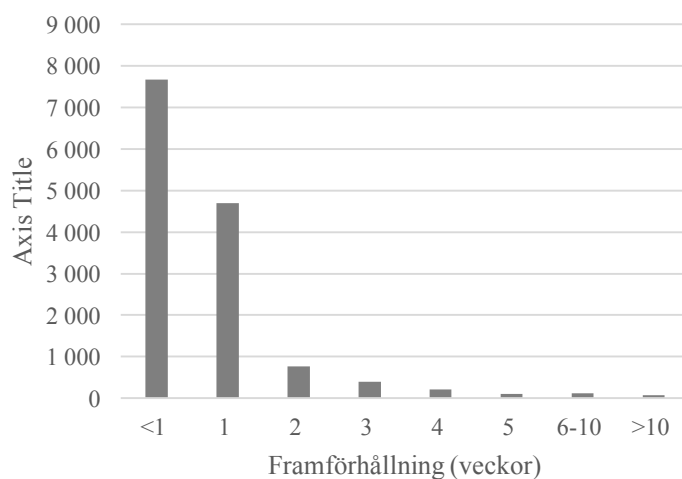
### C.6 Fördelning av antalet beställningar per vecka 2013-2017 för korträler



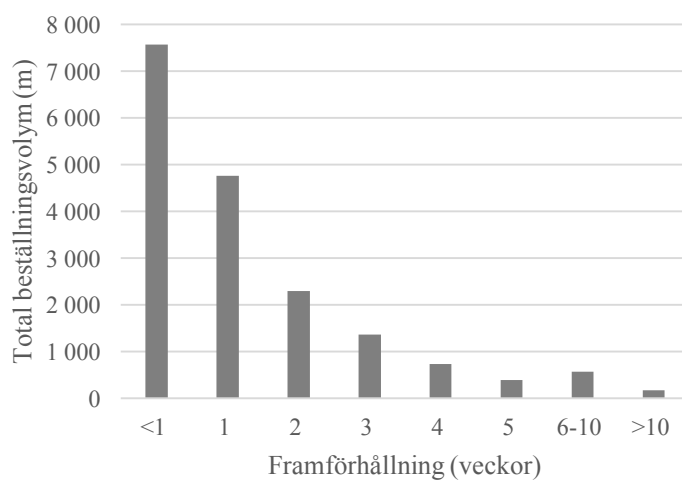
# Appendix D

Nedan visas fördelningen av framförhållningen vid beställningar av de olika rärlängderna under perioden 2013 till 2017.

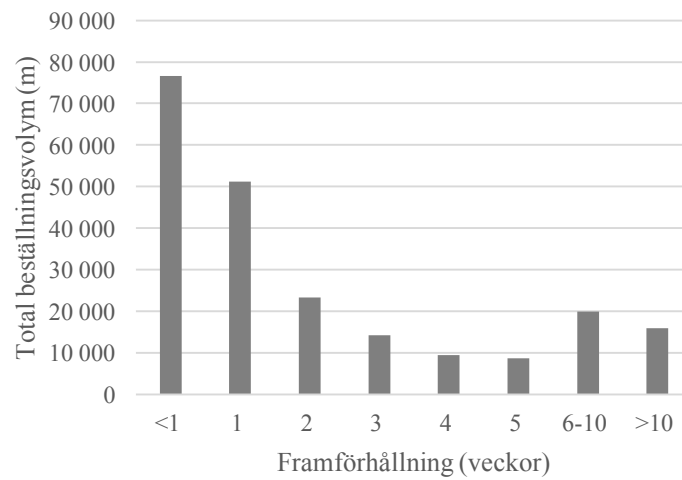
## D.1 Framförhållning vid beställning av 8-meters räler



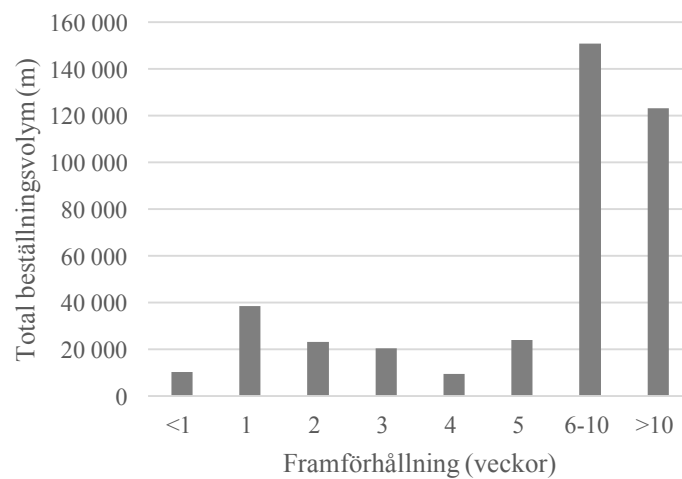
## D.2 Framförhållning vid beställning av 12-meters räler



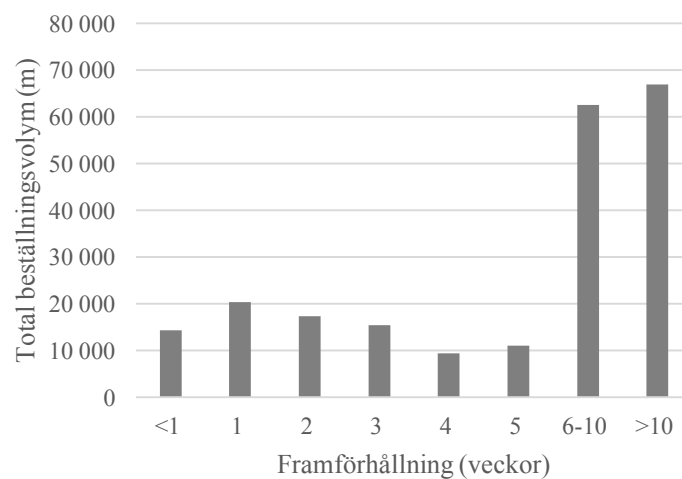
### D.3 Framförhållning vid beställning av 20-meters räler



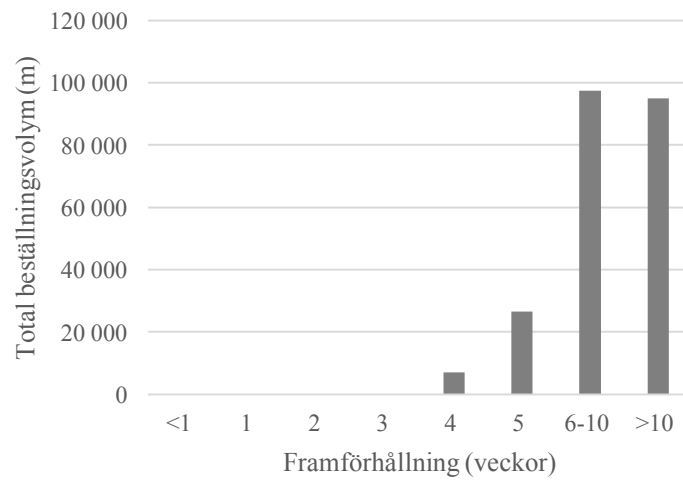
### D.4 Framförhållning vid beställning av 40-meters räler



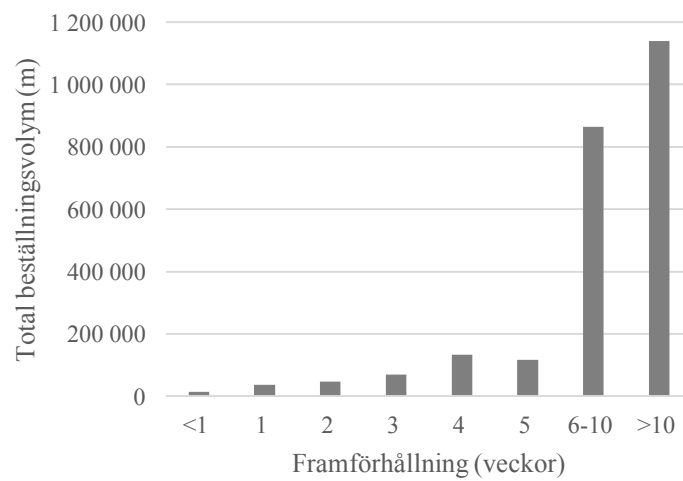
### D.5 Framförhållning vid beställning av 60-meters räler



## D.6 Framförhållning vid beställning av 120-meters räler



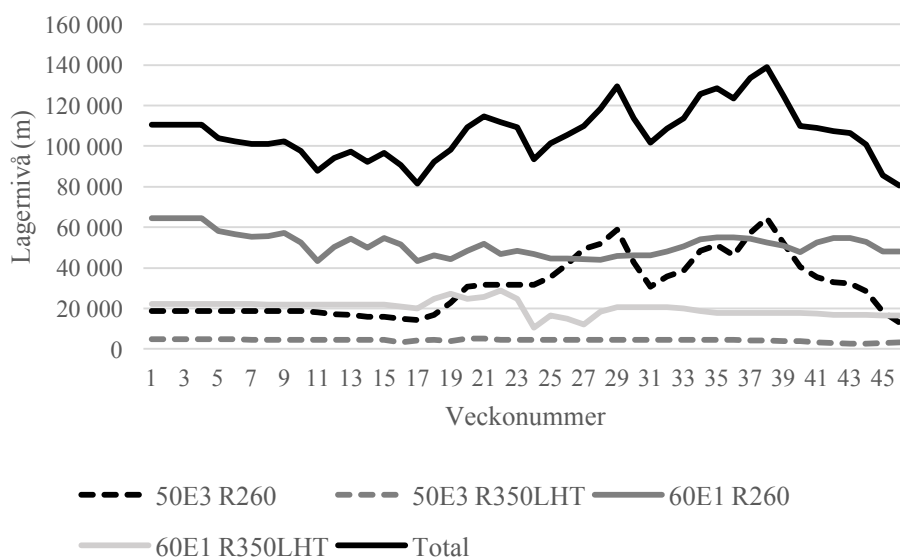
## D.7 Framförhållning vid beställning av långräler



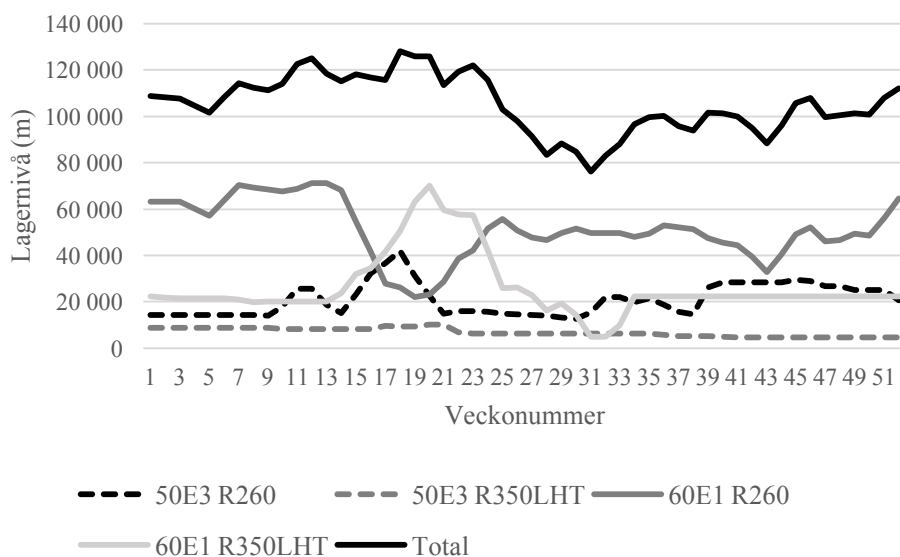
# Appendix E

Nedan visas lagernivåerna i det största lagret, för räler av längden 60 meter, under perioden 2013 till 2017 samt hur fördelningen ser ut mellan olika rälsorter.

## E.1 Lagernivåer för samtliga rälsorter 60-meter 2017

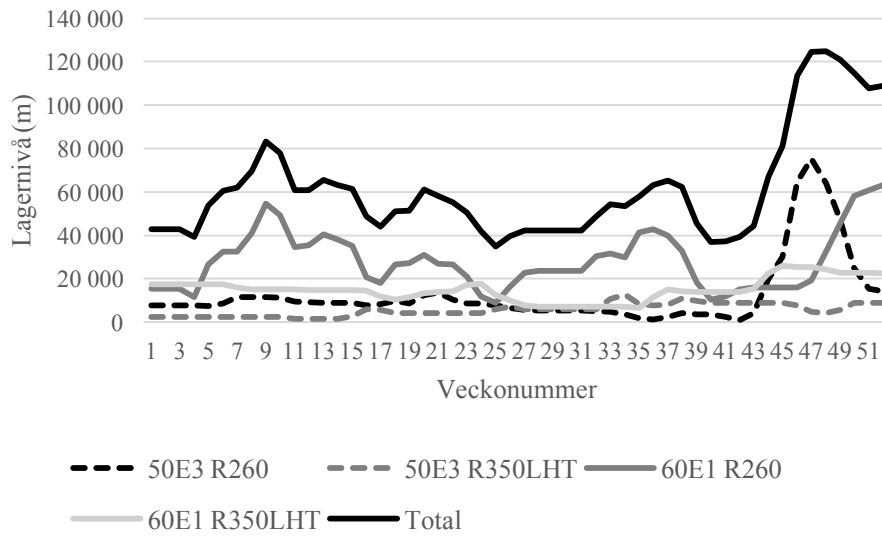


## E.2 Lagernivåer för samtliga rälsorter 60-meter 2016

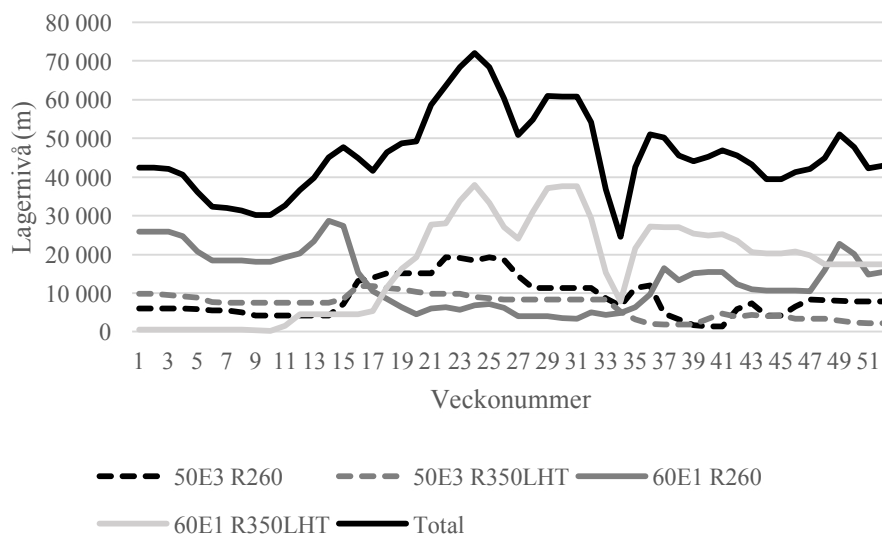




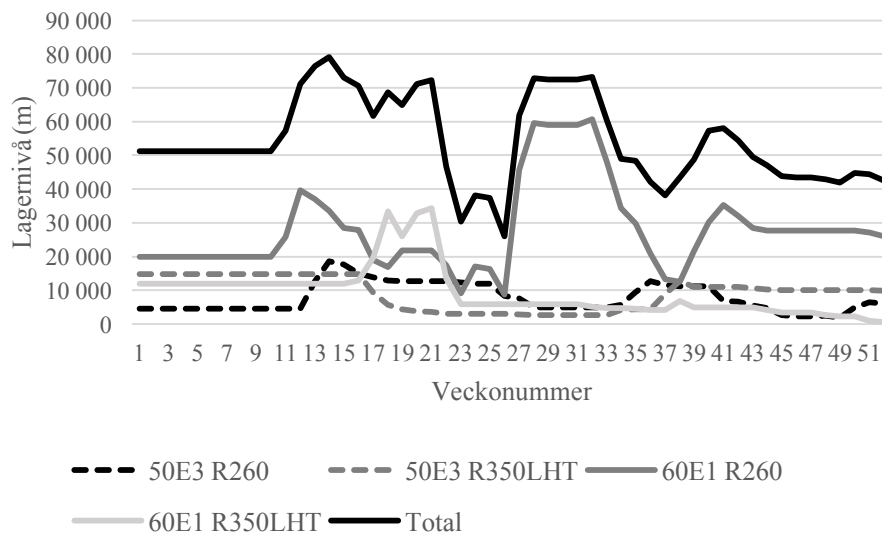
### E.3 Lagernivåer för samtliga rälsorter 60-meter 2015



### E.4 Lagernivåer för samtliga rälsorter 60-meter 2014



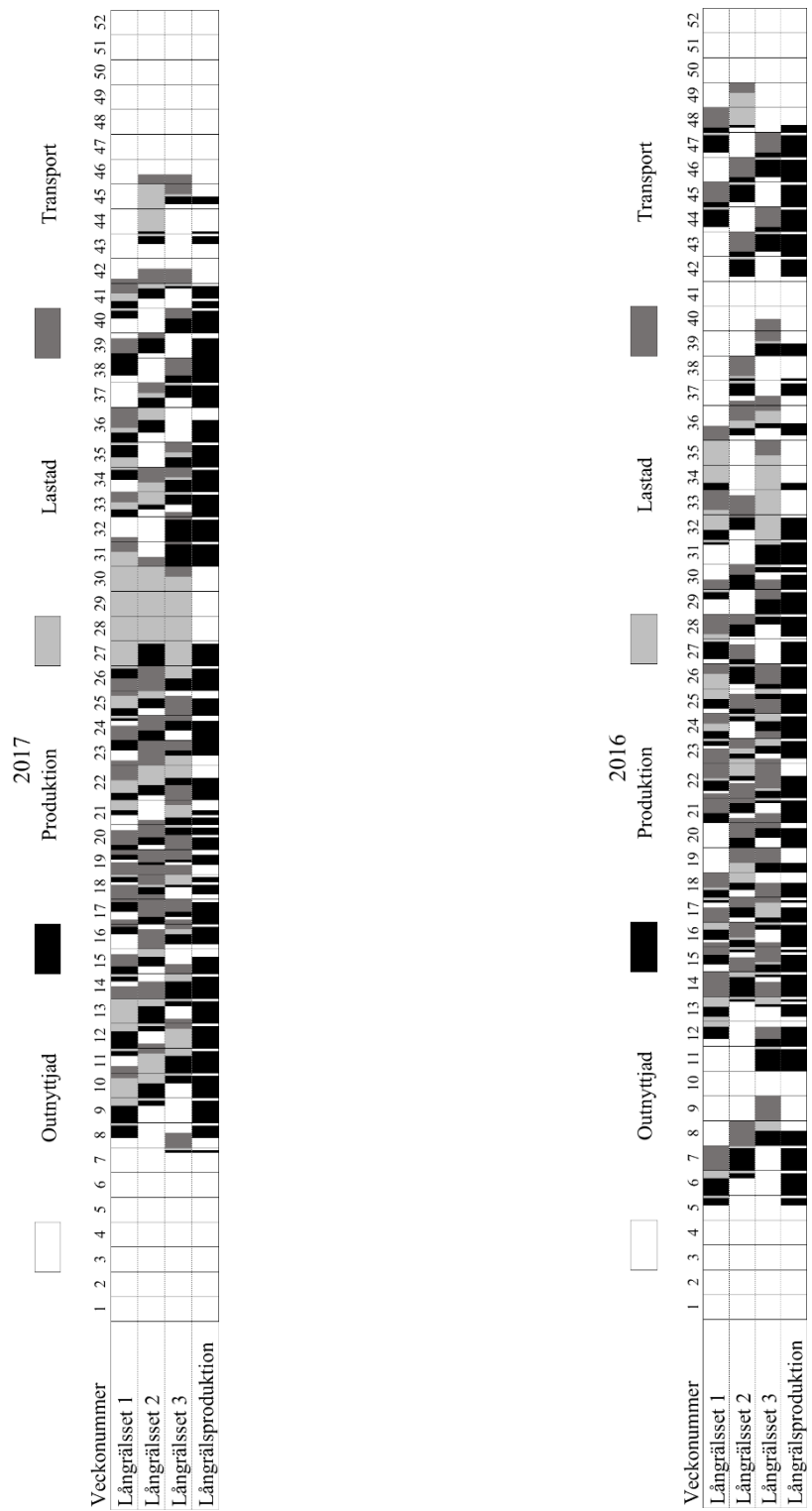
## E.5 Lagernivåer för samtliga rälsorter 60-meter 2013



# Appendix F

Nedan visas hur tiden har fördelats mellan olika aktiviteter för långrälsproduktionen och de tre långrälsseten under 2016 samt 2017. Detta bygger på produktionsplaneringen för respektive år. Tidsfördelningen under åren visas per arbetsvecka, det vill säga från måndag till fredag.

F.1 Tidsfördelning mellan olika aktiviteter för produktion och långrälsset



# Appendix G

Nedan visas den kostnadsmodell som använts för att göra en kostnadsjämförelse mellan användning av mobil bränssvets respektive långräler vid järnvägsprojekt. Därefter förklaras hur modellen har använts i kostnadsjämförelsen.

## G.1 Kostnadsmodell mobilbränssvets och långrälsproduktion

| Indata                            |        | Grundläggande data           |                                | Långrälsproduktion            |                                  |
|-----------------------------------|--------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Rälsort                           | 60E1   | Mobil bränssvets             |                                | Info                          |                                  |
| Rällängd vid mobil bränssvets (m) | 120    | Info                         |                                | Leverantör                    | Rälsverkstaden                   |
| Beställningskvantitet (m)         | 8 800  | Leverantör                   | Voestalpine                    | Rällängd                      | 420 meter                        |
| Avstånd till rälsverkstaden (km)  | 377    | Rällängd                     | 120 meter                      | Volym per vagnset             | 11 760 meter                     |
| Beräkning                         |        | Volym per koppel             | Se koppelkvantiteter           | Leverans                      | Nordiska tåg från rälsverkstaden |
| Mobil bränssvets                  |        | Leverans                     | Green Cargo DDP till taxepunkt | Transport                     |                                  |
| Volym per koppel (m)              | 4 320  | Transport                    | - kr                           | Kostnad per km                | 95 kr/km                         |
| Antal koppel (st)                 | 3      | Transport från lev           |                                | MD2                           | 4% av kostnad per km             |
| Antal svetsar (st)                | 75     | Taxepunktstransport          | 50 000 kr/koppel               | Fast kostnad                  | 950 kr/transport                 |
| Antal taxepunktstransporter (st)  | 3      | Lossning                     |                                | Lossning                      |                                  |
| Antal lossningar (st)             | 3      | Lossning                     |                                | Lossningskostnad Nordiska tåg | 2 000 kr/h                       |
| Långräler                         |        | Lossning                     |                                | Tid lossning                  | 8 h                              |
| Volym per vagnset (m)             | 11 760 | Lossningskostnad entreprenör | 20 000 kr/koppel               | Lossningskostnad entreprenör  | 42 000 kr/vagnset                |
| Antal vagnset (st)                | 1      | Svets                        |                                | Svets                         |                                  |
| Antal bränssvetsar (st)           | 126    | Bränssvetskostnad            | 5 000 kr/svets                 | Bränssvetskostnad             | 2 800 kr/svets                   |
| Antal termitsvetsar (st)          | 23     | Behov av bränssvetsar        |                                | Termitsvetskostnad            | 3 500 kr/svets                   |
| Antal transporter (st)            | 1      | Behov av bränssvetsar        | 1 st/ral                       | Behov av termitsvetsar        | 6 st/ral                         |
| Antal lossningar (st)             | 1      | Behov av bränssvetsar        |                                | Behov av termitsvetsar        | 1 st/ral                         |
| Transportlängd (km)               | 754    |                              |                                |                               |                                  |
| Kostnader (SEK)                   |        |                              |                                |                               |                                  |
| Transport                         |        | Mobilbränssvets              |                                | Långrälsproduktion            |                                  |
| Lossning                          |        | 150 000                      |                                | 75 445                        |                                  |
| Bränssvetsning                    |        | 60 000                       |                                | 58 000                        |                                  |
| Termitsvetsning                   |        | 376 667                      |                                | 352 000                       |                                  |
| Kostnad                           |        | -                            |                                | 80 333                        |                                  |
| Kostnad per meter                 |        | 586 667                      |                                | 585 779                       |                                  |
|                                   |        | <b>66,67</b>                 |                                | <b>64,29</b>                  |                                  |

## G.2 Förklaring av modell

### Upplägg för mobil brännsvets

Då mobil brännsvets kan försörjas genom flera sätt samt att olika rällängder kan användas har ett förvalt upplägg valts. Då en stor del av kostnaden för mobil brännsvetsning ligger i antalet svetsar som görs är det generellt lämpligare desto längre rällängder som används, därför valdes att använda längden 120 meter i uträkningarna. I och med detta är det även nödvändigt att försörja rälerna genom direktleveranser från huvudleverantören, vilket även är fördelaktigt utifrån ett transportkostnadsperspektiv. Då profilen för 60 kg är den med störst åtgång är denna profil vald för modellen.

### Kostnader

Kostnadsmodellen inkluderar de kostnader vilka skiljer sig åt vid användning av mobil brännsvetsning respektive långrälsproduktion. Därför diskuteras nedan vilka kostnader som belastar på tillverkningsmetoderna i samma omfattning samt vilka kostnader som skiljer sig åt. Vidare ges en förklaring till hur de skilda kostnaderna har identifierats.

I och med att priset för material från *Materialservice* vid beställning av räler är detsamma för båda metoderna exkluderades det från modellen. I detta pris inkluderas som sagt all administration och lagerhållning samt transport till *rälsverkstaden* respektive närmaste taxepunkt för direktleveranser vilka gör att även dessa kostnader exkluderas. Vidare är kostnader för spårläggning och spårbyten, exklusive lossning och svetsning vid järnvägsprojekten, av entreprenörer beräknade som detsamma för metoderna, utifrån intervju med arbetsledaren vid Infranord. I själva verket bör det dock noteras att dessa kostnader varierar mycket beroende på bland annat, vilken utrustning som används, väderförhållanden och underlag vid projekten. Vad dessa kostnader egentligen uppgår till kan därför skilja sig mycket från projekt till projekt. Gällande efterarbete, så som reparationer, har dessa kostnader antagits vara detsamma. Brännsvetsarna för de olika metoderna är enligt uppgifter av likvärdig kvalitet, dock förekommer termitsvetsar vid långrälsproduktion vilket bör innebära att långräler har högre krav för efterarbete. Men på grund av avsaknad av dessa uppgifter har kostnaderna antagits vara likvärdiga.

Gällande distribution och lossning av räler skiljer sig kostnaderna åt för de olika metoderna. För långräler tillkommer en kostnad för transporten med långrälsset samt för lossningen. Denna kostnad består dels av speditörens avgifter för att transportera rälerna samt tiden och för det arbete som krävs av speditören vid lossning. Arbetet inkluderar att lokföraren opererar tåget då räler dras av. Dessutom tillkommer även vid lossning kostnaden för entreprenören som tillhandahåller ytterligare personal och utrustning. Vid mobil brännsvetsning ingår transporten till närmaste taxepunkt, i och med leveransvillkoret DDP, dock tillkommer en kostnad för transporten från taxepunkten till järnvägsprojekt. Detta utförs av entreprenören som behöver då måste hyra ett lok för att utföra transporten. Vidare tillkommer även entreprenörens kostnad för personal och utrustning vid lossningen. Utöver dessa kostnader skiljer sig även kostnaden för att tillverka svetsarna. För långräler krävs två olika sorters svetsar. Dels brännsvetsen i produktion men även termitsvetsning av skarvarna vid projekten, vilket utförs av entreprenörer. För mobil brännsvetsning sker enbart brännsvetsning vid projekten. I Tabell G-1 återfinns ovan omnämnda kostnader och nedan presenteras hur kostnaderna är framtagna till modellen.

Tabell G-1 – Inkluderade kostnader i modellen

| Långrälsproduktion                   | Mobil brännsvetsning            |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Transportkostnad från rälsverkstaden | Transportkostnad från taxepunkt |
| Lossningskostnad Nordiska tåg        | Lossningskostnad entreprenör    |
| Lossningskostnad entreprenör         | Brännsvetskostnad               |
| Brännsvetskostnad                    |                                 |
| Termitsvetskostnad                   |                                 |

*Transportkostnad från rälsverkstaden* är beräknad utifrån *Materialservice* schablonberäkning för Nordiska tågs transporter innehållandes en fast kostnad per transport (950 SEK/transport), en kostnad per kilometer (95 SEK/km) samt en materialomkostnad på 4 % per kilometer.

*Lossningskostnad Nordiska tåg* är 2 000 SEK/h under lossningen. Lossningstiden uppskattas av arbetsledaren vid Infranord till åtta timmar per långrälsset.

*Lossningskostnad entreprenör* är uppskattad till 42 000 SEK/långrälsset av arbetsledaren vid Infranord, bestående av 30 000 SEK för personal och 12 000 SEK för utrustning så som hyra av en traktor.

*Brännsvetskostnaden* för långräler uppgår enligt platschefen i *rälsverkstaden* till 40 SEK/meter. I och med att 420-meterlängder främst används kostar dessa 16 800 SEK/räl. För en 420-meters långräl krävs totalt sex svetsar, en var sextionde meter förutom i slutändarna. Därför blir kostnaden för en svets 2 800 SEK/svets.

*Termitsvetskostnad* är enligt arbetsledaren vid Infranord cirka 3 500 SEK/svets, bestående av cirka 2 000 SEK för personal och 1 500 SEK för svetsmaterial.

*Transportkostnad från taxepunkt* består enligt arbetsledaren vid Infranord av hyra av lok och lokförare vilket kostar cirka 50 000 SEK/lossning. I denna kostnad inkluderas kostnaden för hyran av loket och lokföraren för lossningen.

*Lossningskostnad entreprenör* är exkluderad lok- och lokförarhyran då denna kostnad är inkluderad i *Transport från taxepunkt*. Kostnaden uppskattas enligt arbetsledaren vid Infranord till 20 000 SEK/lossning och inkluderar kostnader för personal och utrustning. Under en lossning kan enligt arbetsledaren vid Infranord ett koppel lossas.

*Brännsvetskostnad* för mobil brännsvets är enligt Infranord uppskattad till mellan 3 000 SEK och 5 000 SEK per svets och har i modellen valts till 5 000 SEK/svets.

## Beräkningar

Utifrån indata och grundläggande data görs ett antal beräkningar för att få fram de slutgiltiga totala kostnaderna i modellen. För beräkningar av mobil brännsvets gäller följande:

*Volym per koppel* beräknas genom val av rälsort och rällängd vid mobil brännsvets och hämtas från *Koppelkvantiter*, se Appendix A.

*Antal koppel* beräknas genom att dividera beställningskvantitet och avrunda upp till närmaste heltal.

*Antal svetsar* beräknas som en per räl som krävs, vilket beräknas genom *beställningskvantitet* delat med *rällängd vid mobil brännsvets*. Till det adderas två extra svetsar för vardera ände av järnvägsprojektet.

*Antal taxepunktstransporter* och *antal lossningar* beräknas som en per koppel vid längden 120 meter, en halv vid 60-meterlängder och så vidare. Detta utifrån uppgifter från arbetsledaren vid Infranord.

För långräler används följande beräkningar:

*Volym per vagnset* är 11 760 meter taget från kapaciteten på långrälsset.

*Antal vagnset* beräknas genom att dividera *beställningskvantitet* och avrunda upp till närmaste heltal.

*Antal brännsvetsar* beräknas som *beställningskvantiteten* delat med standardlängden för långräler (420 m) multiplicerat med antalet brännsvetsar som krävs per långräl (sex stycken).

*Antal termitsvetsar* beräknas som en per långräl samt addering av två extra svetsar för vardera ände av järnvägsprojektet.

*Antal transporter* och *antal lossningar* är en per vagnset.

*Transportlängden* är beräknas som *avstånd till rälsverkstaden* multiplicerat med två då transporten även kräver returresa.

### **Förklaring av Figur 36 och Figur 37**

Grundinställningarna för modellen gällande räiltyper och rällängd är ovan beskrivet. Utöver dessa inställningar varierar modellen främst utifrån beställningskvantitet och avstånd till *rälsverkstaden*. I Figur 36 och Figur 37 visas det hur de skilda kostnaderna varierar utifrån att dessa parametrar ändras, i Figur 36 varierar beställningskvantitet med avståndet fixerat och i Figur 37 varierar avståndet med beställningskvantiteten fixerad. För att ge rättfärdiga resultat användes vid fixering av beställningskvantitet den genomsnittliga beställningskvantiteten av långräler mellan 2013 och 2017 vilken uppgår till 8 800 meter. Vid fixering av avstånd till *rälsverkstaden* gjordes en schablonmässig uträkning utifrån Trafikverkets planerade och pågående järnvägsprojekt vilka ses i Figur 19. Detta resulterade i ett avstånd på 377 kilometer.