

Packaging Optimisation Principles for CO₂ and cost efficient supply chains

Publik rapport



Författare: Henrik Pålsson, Lunds universitet
Petrus Dagman, Volvo Group
Staffan Johannesson, Volvo Cars
Jennie Säll, Automotive Components
Tom Varis, Scania

Datum: 2022-06-30
Projekt inom Hållbar produktion

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	4
3 Bakgrund.....	7
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	8
4.1 Syfte och forskningsfrågor	8
4.2 Metod	8
5 Mål	10
6 Resultat och måluppfyllelse	10
6.1 Resultat	10
6.2 Bidrag till FFI-mål	12
7 Spridning och publicering	15
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	15
7.2 Publikationer.....	17
8 Slutsatser och fortsatt forskning	18
8.1 Fortsatt forskning	19
9 Referenser.....	20
10 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	21

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

För närvarande finns fem delprogram; Energi & Miljö, Trafiksäkerhet och automatiserade fordon, Elektronik, mjukvara och kommunikation, Hållbar produktion och Effektiva och uppkopplade transportsystem. Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

Företag i fordonsindustrin använder olika typer av förpackningslösningar i sin materialförsörjning, som har stor påverkan på logistikkostnader och miljöbelastning. Att avgöra vilka förpackningslösningar som är kostnads- och miljömässigt effektivast beror på många samverkande variabler, t ex var förpackningen ska användas, hur den ska fyllas, hanteras, lagras och transporteras, om den ska packas om etc. Det beror också på komponentens egenskaper, såsom stötkänslighet, storlek, konsumtionsgrad, med mera. Teoretiskt kan industriförpackningars totala kostnad och miljöbelastning beräknas genom att variablerna kopplas till fem faktorer: förpackningsmaterial, transporteffektivitet, materialhantering i fabrik, in- och utleverans av tomma förpackningar samt kapitalkostnader för lagerhållning av komponenter.

Den vetenskapliga litteraturen består endast av ett fåtal studier där dessa frågeställningar studeras för industriförpackningar. Bristen på studier avspeglas i praktiken i fordonsindustrin där företagen vanligtvis utformar förpackningsinstruktioner som anger förpackningstyp för varje komponent och beskriver hur komponenterna ska placeras i en förpackning. Generellt sett har förpackningsinstruktioner utvecklats utifrån erfarenhet. Fokus har varit på att uppfylla produktionskrav avseende förpackningsstorlek, ordervolym och ergonomi samt transportkrav snarare än att minimera total kostnad och miljöbelastning utifrån ett systemperspektiv. Initiala analyser före detta projekt indikerade dock att systematiskt utvecklade riktlinjer för industriförpackningar baserat på vetenskaplig kunskap har stor potential till att reducera både kostnader och miljöbelastning i fordonsföretags försörjningskedjor.

Syftet med detta projekt var att utveckla kunskap och beslutsstöd som vägleder beslutsfattare inom fordonsindustrin att fatta förpackningsbeslut som ger kostnads- och miljömässigt effektiva förpackningslösningar för komponentförsörjning. Alla analyser inom projektet tillämpade ett systemperspektiv där förpackningars totala påverkan på kostnader och miljö beaktades. Empiriska data samlades huvudsakligen in från Volvo Group, Volvo Cars, Scania och Automotive Components.

I projektet genomfördes flera delstudier och en mängd olika analyser. Resultaten av dessa har rapporterats i enskilda publikationer och därefter smälts samman i en syntesrapport. Denna sätter in delresultaten i ett ramverk som dels ger övergripande insikter och konklusioner samt dels relaterar delresultat till varandra. Syntesrapporten är starkt kopplad till projektets målsättning. Den beskriver hur fordonsföretag kan utforma riktlinjer i form av principer för industriella förpackningar, som kan vägleda beslutsfattare att fatta kostnads- och miljömässigt effektiva förpackningsbeslut.

I syntesrapporten kopplas projektets resultat till fyra nivåer i ramverket. Den högsta nivån beskriver företagets strategi och definierar företagets övergripande inriktning. Denna nivå ger organisationen generella prioriteringsprinciper. En sådan princip är hur beslutsfattare bör kompromissa mellan olika typer av mål, t ex miljömässig hållbarhet och kostnader på både strategisk och operationell nivå. Nästa nivå definierar och utarbetar policies för förpackningsbeslut. Därefter kan vägledande principer (nivå 3) fastställas inom fyra områden, som har utvecklats inom projektet. Varje område har vägledande principer för både strategiska och operationella förpackningsbeslut. Projektresultaten beskriver och diskuterar effekter av olika förhållningssätt kring åtta vägledande principer för strategiska förpackningsbeslut och femton operationella förpackningsbeslut inom dessa fyra områden. Resultaten redogör också för rekommenderade förhållningssätt utifrån det vetenskapliga forskningsläget. Den fjärde nivå i

ramverket är förpackningsinstruktioner, som endast berörs översiktligt då dessa ligger utanför projektets fokus.

Projektet skapade ny kunskap kopplat till industriella förpackningar och deras betydelse för effektivitet i försörjningskedjor inom projektets organisationer, inom fordonsindustrin som helhet och för akademien. Denna kunskap är betydelsefull, eftersom relativt få forskningsstudier har adresserat beslut och vägledande riktlinjer för industriella förpackningar trots att de har stor påverkan på försörjningskedjors effektivitet.

Resultaten bidrar till välinformerade beslut om förpackningar i svensk fordonsindustri då de ledande fordonstillverkarna har medverkat aktivt i projektet under fyra år. Företag och akademi har haft ett nära samarbete i projektet avseende val av fall att studera, datainsamling, resultatvalidering och deltagande i workshopar. Härigenom spreds projektresultaten kontinuerligt bland de deltagande organisationerna, på vetenskapliga konferenser, praktiska konferenser, seminarier och workshops samt i en kurs för civilingenjörsstudenter på Lunds tekniska högskola vid Lunds universitet.

2 Executive summary in English

Automotive companies use different types of packaging solutions in their material supply, which influence logistics cost and the environmental impact to great extent. However, it is complicated to decide which packaging solutions are most environmentally and cost effective. This is because it depends on many variables, such as where a package will be used, how it will be filled, handled, stored and transported, whether it will be repacked, etc. It also depends on variables linked to the properties of the parts, such as shock and vibration sensitivity, size, annual consumption, and more. Theoretically, the total environmental impact and cost of industrial packaging can be calculated by linking the variables to five factors: packaging material, transport efficiency, material handling in the plant, delivery and disposal of empty packaging, and capital costs for components in inventory.

These issues are only addressed in a limited number of studies in the scientific literature. The lack of studies is reflected in practice in the automotive industry where companies traditionally develop packaging instructions, which describe the type of packaging to use for each part and how the parts should be placed in the package. In general, the packaging instructions have been developed based on experience. The focus has been on meeting production requirements regarding packaging size, order volume and ergonomics as well as transport requirements. Less focus has been on minimising total cost and environmental impact from a system perspective. Initial analyses before this project indicated, however, that systematically developed guidelines for industrial packaging based on scientific knowledge have great potential for reducing both cost and environmental impact in supply chains.

The purpose of this project was thus to develop knowledge and decision-support that can guide decision-makers in the automotive industry to make packaging decisions that provide cost and environmentally efficient packaging solutions for material supply. All analyses within the project applied a system perspective where the total impact of packaging on cost and the environment was taken into account. Empirical data were mainly collected from Volvo Group, Volvo Cars, Scania and Automotive Components.

The project carried out several studies and a variety of analyses. The results have been reported in individual publications and thereafter merged and synthesized. This synthesis puts the partial results into a framework that provides overall insights and conclusions as well as relates partial results to each other. The synthesis is strongly related to the objectives of the project. It describes how automotive companies can design guidelines for industrial packaging,

expressed in principles, which can guide decision-makers to make cost- and environmentally efficient packaging decisions.

As a starting point in the synthesis, packaging principles are defined in a theoretical framework with four levels of abstraction (strategy, internal policies, guiding principles, instructions). In general, strategies show how overall corporate strategy affects decisions in sustainability, circular economy and material supply. These areas in turn influence both policies and guiding principles for packaging decisions. Policies describe ideas and plans for the relative importance of different types of packaging decisions, resources for different packaging-related areas and how often guiding principles should be updated. Guiding principles show how policies should be complied with. They thus guide decision-makers to go in the decided strategic direction, as this is reflected in policies. Finally, packaging instructions show concretely which packaging should be used for different components and how they should be packed.

The results of the project are linked to four levels in the theoretical framework in the synthesis. The highest, most abstract level describes the company's strategy and defines the company's overall direction. This level gives the organisation general priority principles. An example of such a principle is how decision-makers should make trade-offs between different company goals, for example between environmental sustainability and cost at both strategic and operational levels. How a company prioritise affects, for example, how to select between a packaging solution which is the most cost-effective one and another which is the most environmentally efficient one. The general prioritization principles from the company's strategy then need to have guided the development of packaging principles, so that these are in line with the company's strategy. Within this project, we identified three areas where the company's strategy must be clear for packaging principles to be established 1) the importance of cost versus environmental sustainability, 2) the importance and scope of circular economy, and 3) within which system boundaries are decisions made.

The next level defines and establishes policies for packaging decisions. Packaging policies describe ideas and plans that form the basis for the development of guiding principles for packaging decisions. Based on a review of the scientific literature, the project identified policies for packaging decisions in four areas:

- Improve efficiency in supply chains from a packaging perspective.
- Minimize the environmental impact of industrial packaging.
- Support in the packaging development process.
- Follow changes in and comply with regulations for industrial packaging.

After defining and preparing policies for packaging decisions, guiding principles can be established in the four areas. In each area, there are guiding principles for strategic and operational packaging decisions. Strategic packaging decisions concern, for example, the extent to which automotive manufacturers should integrate part suppliers in packaging decisions. They also concern to what extent and in what way principles for circular flows can be applied in packaging development. Operational packaging decisions concern short-term decisions, such as principles regarding increasing or maintaining order quantity if the capacity of a pallet is not fully utilized. Another example is trade-offs between costs and environmental impact when making packaging decisions. In total, the guiding principles describe and discuss the effects of different approaches on eight guiding principles for strategic packaging decisions and fifteen operational packaging decisions. The discussion includes recommended approaches based on results in current research.

The project contributed with new knowledge about industrial packaging and their influence on effectiveness and efficiency in supply chains within the companies in the project, within the automotive industry as a whole, and for academia. This knowledge is essential, as relatively few

research studies have addressed industrial packaging, even though it has a major impact on supply chain efficiency.

The results contribute to well-informed decisions about industrial packaging in the Swedish automotive industry, as the leading manufacturers have actively participated in the project for four years. The companies and the academic partner in the project have worked closely together with case selection, data collection, result validation and participation in workshops. As a result, the project results were continuously disseminated among the participating organisations. Additionally, the results were disseminated at scientific conferences, at practical conferences and seminars, at workshops, and in courses for Master's students in engineering at Lund University.

To sum up, the project contributed with:

- Framework that links four decision levels (strategy-policies-guiding principles-packaging instructions) and describes approaches at each level
- Guiding principles for packaging decisions at strategic and operational level
- Need for new structures for cross-functional collaboration on industrial packaging
- Systematic description of method development for how automotive companies can develop guiding principles for packaging decisions
- Review of state-of-the-art in scientific literature regarding decision-making for industrial packaging
- Initial insights and identification of further research needs on strategies and barriers to achieve circular flows for industrial packaging in the automotive industry
- Increased knowledge and decision basis for vehicle companies regarding returnable packaging versus disposable packaging
- Refinement of an analysis tool at AB Volvo
- Development of packaging competence at Volvo Cars, AB Volvo, Scania and Automotive Components Floby on the effects of packaging decisions on sustainability throughout the supply chain.
- Cooperation and exchange of knowledge in the automotive industry regarding industrial packaging. The project carried out continuous activities with representatives from the organisations involved, both academic partners and companies. Thus, knowledge was shared within the automotive industry and between industry and that academy.
- Scientific publications and dissemination of knowledge.
- Integration of project results in the education of Master's students and doctoral students at Lund University.
- The project results compiled in a synthesis report will support packaging in the participating companies. The project results encourage intra-organisational collaborations by highlighting how decisions in, for example, purchasing, production and logistics affect and are affected by packaging.
- Increased knowledge of how "lean production" philosophies and global logistics structures in Swedish automotive companies affect packaging decisions, which in turn affect companies' cost and environmental impact.
- The developed methodology for sustainable packaging decisions (i.e. the framework and the individual studies in the project) is relevant for other manufacturing industries. They need to make industry-specific adaptations, as material flows and supply chains differ between industries and companies. The project's publications, presentations and meetings with various companies are a step in this direction.
- Identification of future research needs linked to industrial packaging.

3 Bakgrund

Företag och akademi har haft ett nära samarbete i projektet avseende val av fall att studera, datainsamling, metod- och resultatvalidering och deltagande i workshopar. Härigenom spreds projektresultaten kontinuerligt bland de deltagande organisationerna. Förpackningsforskning fokuserar till stor del på konsumentförpackningar (Verghese och Lewis, 2007), medan industriella förpackningar belyses mindre trots att de påverkar och påverkas av alla logistiska aktiviteter (Ballou, 2004; Bowersox et al., 2012) och därmed logistikens miljöbelastning och kostnader. Exempelvis påverkar förpackningars form och dimensioner volymeffektivitet och möjlighet till enhetsindelning i: transporter, lagerhållning, hantering och produktion. Vidare påverkar förpackningars förmåga att skydda andel förstörda produkter i försörjningskedjor och materialval i förpackningar påverkar avfallshantering och återvinning (Molina-Besch och Pålsson, 2016). Att utveckla och använda optimala förpackningslösningar där den totala påverkan på logistiska aktiviteter minimeras kompliceras av motstridiga förpackningskrav. Därför behöver ett systemperspektiv tillämpas för att möjliggöra välinformerade kompromisser mellan motstridiga krav. Ett systemperspektiv möjliggör att förpackade produkter kan analyseras som en gemensam enhet och att total kostnad och miljöbelastning av denna enhet och dess påverkan på logistikaktiviteter kan analyseras. Befintliga systemanalyser visar att effektiva industriförpackningar kan utvecklas genom att tillverkande företag samarbetar med leverantörer i försörjningskedjor och försöker undanröja investeringshinder för logistikutrustning eller förpackningsinnovation, t ex för återanvändbara förpackningar (Verghese och Lewis, 2007).

Det är komplicerat att avgöra vilka förpackningslösningar som är effektivast, eftersom det beror på många variabler, t ex var förpackningen ska användas, hur den ska fyllas, hanteras, lagras och transporteras, om den ska packas om etc. Det beror också på variabler kopplade till komponentens egenskaper, såsom skörhet, storlek, konsumtionsgrad med mera. Teoretiskt beräknas industriförpackningars totala miljöbelastning respektive kostnad av genom att variablerna kopplas till fem faktorer: förpackningsmaterial, transporteffektivitet, materialhantering i fabrik, inleverans och bortleverans av tomma förpackningar samt kapitalkostnader för lagerhållning av komponenter (stora förpackningar ger högre genomsnittliga lagernivåer än små förpackningar). Denna typ av beräkningar kan göras för varje komponent för att optimera varje förpackningslösning, men då varje variabel (som ingår i faktorerna) kan anta många värden krävs riktlinjer att förhålla sig till. Riktlinjerna ska vägleda förpackningsdesign samt val och prioritering av krav på förpackningar.

Den vetenskapliga litteraturen består endast av ett fåtal studier av industriförpackningar inom fordonsindustrin. Exempelvis studerade Lai et al. (2008) ekonomiska och miljömässiga effekter av förpackningar i globala försörjningskedjor. Pålsson et al. (2013) utvecklade en utvärderingsmodell för ekonomisk och miljöeffektiva förpackningar inom fordonsindustrin, medan Early et al. (2009) fokuserade på beräkning av miljöbelastning i ett verktyg som stödjer dagliga beslut kring förpackningsdesign hos Toyota.

Bristen på studier avspeglas i praktiken. Inom fordonsindustrin anger förpackningsinstruktioner förpackningstyp för varje komponent och beskriver hur de ska placeras i förpackningen. Generellt sett har förpackningsinstruktionerna utvecklats utifrån erfarenhet. Fokus har varit på att uppfylla produktionskrav avseende förpackningsstorlek, ordervolym och ergonomi samt transportkrav utifrån distans snarare än att minimera total kostnad och miljöbelastning utifrån ett systemperspektiv. Initiala analyser indikerar dock att systematiskt utvecklade riktlinjer för industriförpackningar baserat på vetenskaplig kunskap har stor potential till att reducera både kostnader och miljöbelastning i fordonsföretagens försörjningskedjor. De initiala analyserna utvärderade exempelvis effekter av att använda palltransport med ompackning för vissa komponenter och förpackning avsedd för produktionslinjen hela vägen från leverantör till produktionslinje utan ompackning för andra komponenter. Potentialen för att välgrundade riktlinjer för förpackningar är troligtvis ökande då fordonsföretagens leverantörsbas blir alltmer

global samtidigt som lokala leverantörer finns kvar. Detta innebär variationen på förpackningskrav ökar och därmed komplexiteten att ta välgrundade beslut.

Sammanfattningsvis kan välgrundade riktlinjer för industriförpackningar vägleda kostnads- och miljömässigt effektiva förpackningsbeslut inom fordonsindustrin och bidra till den vetenskapliga förståelsen kring olika variablers inbördes påverkan. Sådana riktlinjer har inte analyserats på ett strukturerat och faktabaserat sätt, varken i den vetenskapliga litteraturen (Azzi et al., 2012; García-Arca et al., 2014) eller i praktiken i svensk fordonsindustri.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

4.1 Syfte och forskningsfrågor

Syftet med detta projekt var att utveckla kunskap och beslutsstöd som vägleder beslutsfattare inom fordonsindustrin att fatta förpackningsbeslut som ger kostnads- och miljömässigt effektiva förpackningslösningar för komponentförsörjning. Detta innefattade att utveckla riktlinjer, uttryckt i principer, som kan vägleda förpackningsbeslut inom fordonsindustrin. Detta specificerades i att utveckla:

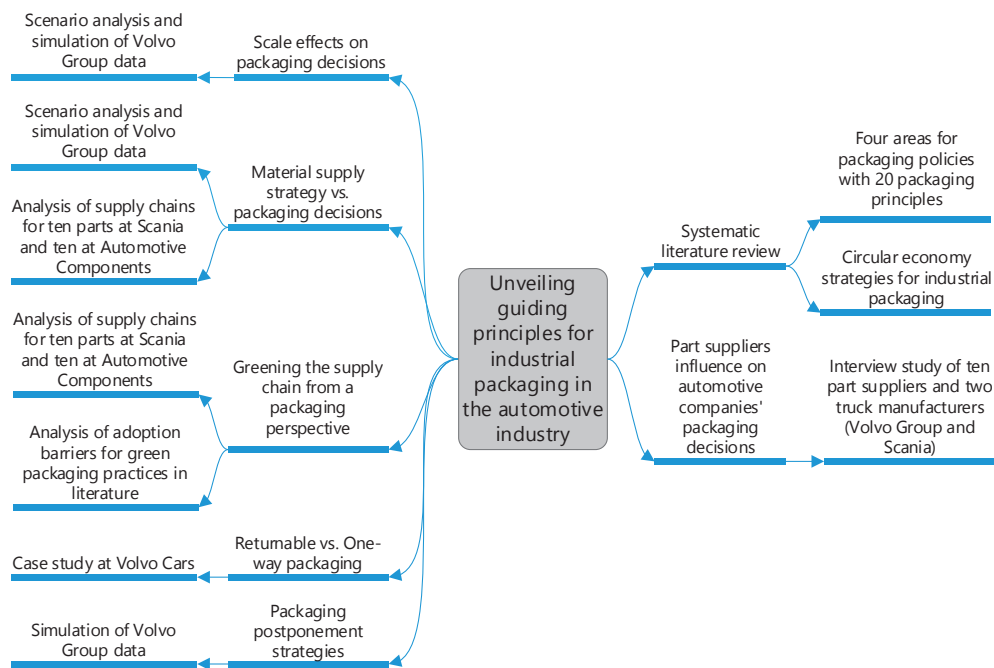
- Generell och tillämpad kunskap om hur olika förpackningsprinciper påverkar totala kostnader och CO₂ i försörjningskedjor.
- Tillämpbara förpackningsprinciper för val av förpackningar utifrån kompromisser mellan minimala kostnader och CO₂.

Projektet besvarade två övergripande forskningsfrågor:

1. Hur kan förpackningar optimeras i olika typer av försörjningskedjor och för olika typer av komponenter?
2. Hur påverkas val av förpackning av olika strategiska beslut och ”management guidelines” inom produktion, materialförsörjning, inköp och logistik. Hur påverkas kostnader och CO₂ av detta förpackningsval?

4.2 Metod

Projektet genomfördes i fem arbetspaket (AP). AP1 syntetiserade och spred resultaten av de andra arbetspaketen genom hela projektet. AP2 förfinade datakällor och uppdaterade ett analysverktyg, som senare användes i AP3 för att analysera effekter av förpackningsprinciper på totala kostnader och CO₂. AP3 granskade också litteratur om industriella förpackningsstrategier för att först utforma analysstrukturen och sedan relatera analyserna till aktuell forskning. AP4 och AP5 inkluderade fallstudier av komponentförsörjningen till en lastbilstillverkare (Scania) och en komponentleverantör (Automotive Components). Inom fallstudierna studerades även nio ytterligare komponentleverantörers aktiviteter. Tillsammans med AP3 bidrog AP4 och AP5 till att kontextualisera förpackningsprinciper och deras effekter på kostnader och CO₂. Fallstudierna ökade förståelsen för kontextuella faktorer samt hur ett fordonsföretags förpackningsprinciper påverkar komponentleverantörers aktiviteter. Figur 1 visar ursprunget för data och input till projektet. Resultaten från de olika arbetspaketen kan beskrivas i 7 delstudier (tabell 1, avsnitt 6), vilka bildade underlag för syntesen i AP1.



Figur 1. Studier och datakällor i projektet

Syntesen i AP1 genomfördes i en iterativ process. Forskarna sammanställde och tolkade delstudiernas resultat gentemot varandra och gentemot teoretiska ramverk. Nya insikter och utkast på syntes stämde av och diskuterades med projektets medlemmar och andra företagsrepresentanter för att verifiera tolkningar, få nya perspektiv och göra forskningsresultaten ytterligare applicerbara. Detta skedde i workshops, möten och genom återkoppling på rapportutkast. Slutresultatet presenterades i en syntesrapport (Pålsson et al., 2022), som har delats och spridits inom projektets organisationer. Syntesrapporten beskriver förpackningsbeslut i ett hierarkiskt ramverk, som går från strategiskt till operativt. Ramverket hjälper alltså till att relatera förpackningsbeslut till företagets övergripande strategi och materialförsörjningsstrategier. Därefter presenterar rapporten strategiska och operativa vägledande principer för förpackningsbeslut.

Alla analyser inom projektet tillämpade ett systemperspektiv där förpackningars totala påverkan på kostnader och miljö beaktades. Detta innebär att påverkan såväl från förpackningen själv (t.ex. material, återvinning och tvätt) som från dess effektivitet i transporter, produktion, lagerhållning, hantering, etc. kombinerades. För att göra detta systematiskt och strukturerat uttrycktes den totala kostnads- och miljöpåverkan i följande faktorer (Pålsson, Finnsgård och Wänström, 2013):

- Förpackningsmaterial: Inköpskostnad och CO₂ från förpackningsproduktion.
- Transporteffektivitet: Förpackningar påverkar hur många komponenter som kan lastas på en lastbil, vilket påverkar både kostnader och CO₂.
- Internt materialflöde: Förpackningar påverkar hur många förpackningar (och komponenter) som hanteras samtidigt.
- In- och utleverans av tomma förpackningar: Kostnader och CO₂ från leverans av tomma förpackningar till påfyllningsstället och från hantering av förpackningsavfall (t.ex. transport, tvätt, återvinning, etc.). Denna faktor inkluderar administrationskostnader för att hantera returförpackningsflöden.
- Kapitalkostnad (ej CO₂): Storleken på förpackningen påverkar den genomsnittliga lagringstiden, vilket påverkar kapitalkostnaden för lager.

Analysverktyget och fallstudier bidrog till att analysera i) kopplingar mellan materialförsörjningsstrategier och förpackningsprinciper, ii) packaging postponement-strategier, iii) påverkan av kontextuella faktorer och produkttegenskaper för engångsförpackningar jämfört med returförpackningar, iv) betydelsen av förpackningsstorlek och v) fyll upp det översta lagret på pallar.

5 Mål

Projektets målsättning var att öka kunskapen om hur fordonsföretag kan utforma riktlinjer för industriella förpackningar som minimerar kostnader och CO₂-utsläpp i försörjningskedjor utifrån ett helhetsperspektiv. Målsättningen var också att utveckla sådana riktlinjer, uttryckt i principer, som kan vägleda kostnads- och miljömässigt effektiva förpackningsbeslut inom fordonsindustrin. För att konkretisera målsättningen specificerades följande delmål:

- Beskriva hur olika strategier för materialförsörjning (t ex täcka x timmars produktionstid; minimera totalkostnad; minimera CO₂) inom fordonsindustrin påverkar förpackningar och deras användning (t ex storlek, ompackning eller ej).
- Beskriva hur totalkostnad och totala CO₂-utsläpp i försörjningskedjor påverkas av olika principer (t ex förpackningsstorlek, avropskvantitet, ompackning) för val och utveckling av industriella förpackningar.
- Utveckla ett ramverk med principer som kan vägleda företag i fordonsindustrin att ta kostnads- och miljömässigt effektiva förpackningsbeslut.

Utöver den övergripande målsättningen skulle projektet bidra till tvärfunktionella och interorganisatoriska samarbeten kring förpackningar inom de medverkande företagen. Vidare skulle projektet underlätta kunskapsdelning och benchmarking mellan projektets deltagande företag avseende processer och effektivitet kopplat till förpackningar och deras användning i försörjningskedjor.

Under projektets gång lyftes frågeställningar inom projektgruppen kring cirkulär ekonomi och industriella förpackningar som alltmer centrala. Vi lade därför till ett delmål att förpackningsprinciperna ska förhålla sig även till cirkulär ekonomi.

6 Resultat och måluppfyllelse

6.1 Resultat

Resultaten uppnåddes enligt metodbeskrivning i kapitel 4.2. Det första resultatet som bör nämnas är den förfining av ett analysverktyg som gjordes inom arbetspaket 2. Detta möjliggjorde fördjupade analyser både inom projektet och i operativa beslut inom AB Volvo.

I projektet genomfördes flera delstudier och en mängd olika analyser. Resultaten av dessa har rapporterats i enskilda publikationer och därefter smälts samman i en syntesrapport (Pålsson et al., 2022) som sätter in delresultaten i ett ramverk som dels ger övergripande insikter och konklusioner samt dels relaterar delresultat till varandra. Syntesrapporten är starkt relaterad till projektets målsättning då den beskriver hur fordonsföretag kan utforma riktlinjer för industriella förpackningar, uttryckt i principer, kan vägleda dem att fatta kostnads- och miljömässigt effektiva förpackningsbeslut.

Som utgångspunkt i syntesen definieras förpackningsprinciper i ett teoretiskt ramverk med fyra abstraktionsnivåer (strategi, interna policies, vägledande principer, instruktioner). Generellt sett visar strategier hur övergripande företagsstrategi påverkar beslut inom hållbarhet, cirkulär ekonomi och materialförsörjning. Dessa områden påverkar i sin tur både policies och vägledande

principer för förpackningsbeslut. Policier beskriver idéer och planer för den relativa betydelsen av olika typer av förpackningsbeslut, resurser för olika förpackningsrelaterade områden samt hur ofta vägledande principer ska uppdateras. Vägledande principer visar hur policier bör uppfyllas. De vägleder således beslutsfattare att gå i den beslutade strategiska riktningen, eftersom denna återspeglas i policier. Slutligen visar förpackningsinstruktioner konkret vilka förpackningar som ska användas för olika komponenter och hur de ska packas.

Projektets resultat kopplat till ramverkets olika nivåer kan sammanfattas enligt följande. Den högsta nivån, företagets strategi, definierar företagets inriktning som ger organisationen generella principer för prioriteringar. En sådan princip avser hur beslut inom företaget ska kompromissa mellan hållbarhet och andra mål på både strategisk och funktionell nivå. Detta är nödvändigt för att ett företag ska bli hållbart. Ett exempel är att en förpackningslösning kan vara den mest kostnadseffektiva, medan en annan är den mest miljöeffektiva. De generella prioriteringsprinciperna från företagets strategi behöver då ha väglett utvecklingen av förpackningsprinciper, så att dessa är i linje med företagets strategi. Inom detta projekt identifierade vi tre områden där företagets strategi måste vara tydliga för att förpackningsprinciper ska kunna fastställas:

1. Betydelsen av kostnad kontra hållbarhet
2. Betydelsen och omfattningen av cirkulär ekonomi
3. Inom vilka systemgränser fattas beslut

Förpackningar påverkar effektivitet i försörjningskedjor från att de fylls till att tomma förpackningar har hanterats. Förpackningsbeslut som fattas utifrån ett företags organisatoriska gränser ger ett annat resultat än om de fattas utifrån försörjningskedjans gränser. Den tredje punkten avser att definiera vilka gränser som gäller.

Förpackningspolicier beskriver idéer och planer som ligger till grund för utveckling av vägledande principer för förpackningsbeslut. Baserat på en granskning av vetenskaplig litteratur identifierade projektet policier för förpackningsbeslut inom fyra områden:

- Förbättra effektiviteten i försörjningskedjor utifrån ett förpackningsperspektiv
- Minimera miljöpåverkan från industriförpackningar
- Stöd i förpackningsutvecklingsprocessen
- Följa förändringar i och efterleva regelverk för industriförpackningar

Efter att ha definierat och utarbetat policier för förpackningsbeslut kan vägledande principer fastställas inom de fyra områdena. Inom varje område finns vägledande principer för strategiska respektive operationella förpackningsbeslut. Strategiska förpackningsbeslut berör exempelvis hur en fordonstillverkare kan tänka kring att integrera leverantörer i valet av förpackning och i vilken omfattning och på vilka sätt principer för cirkulära flöden tillämpas vid förpackningsutveckling. Operationella förpackningsbeslut berör kortsiktiga beslut, exempelvis principer kring att öka eller behålla beställningskvantitet om inte en palls kapacitet utnyttjas. Ett annat exempel är att kompromissa mellan kostnader och miljöbelastning vid förpackningsbeslut.

Resultaten beskriver och diskuterar effekter av olika förhållningssätt kring åtta vägledande principer för strategiska förpackningsbeslut och femton operationella förpackningsbeslut inom de fyra områdena för förpackningspolicier. Resultaten redogör också för rekommenderade förhållningssätt utifrån det vetenskapliga forskningsläget.

De resultat som aggregerades till en helhet i syntesrapporten genererades i olika vetenskapliga studier inom projektet. Dessa studier har detaljerade resultat inom specifika delar av projektet. Deras bidrag till vägledande förpackningsbeslut summeras i tabell 1.

Tabell 1. Forskningsstudier och deras bidrag till vägledande principer för förpackningsbeslut

Studie	Bidrag till vägledande principer för förpackningsbeslut
Systematisk granskning av vetenskaplig litteratur kring beslutsfattande för industriella förpackningar	<ul style="list-style-type: none"> - Fyra områden för förpackningspolicies - Vägledande principer för förpackningsbeslut
Detaljerad analys av förpackningars påverkan på CO ₂ och kostnader i försörjningskedjor	<ul style="list-style-type: none"> - Utforskar hur totala CO₂-utsläpp och kostnader påverkas av förpackningsbeslut för olika komponenttyper i olika typer av försörjningskedjor
Relation mellan materialförsörjningsstrategi och förpackningsbeslut	<ul style="list-style-type: none"> - Olika strategier för materialförsörjning (lean, minimera totalkostnad, minimera totala CO₂-utsläpp) påverkar förpackningsbeslut, vilka i sin tur påverkar kostnader och CO₂ i försörjningskedjan
Strategier för "packaging postponement" för industriella förpackningar	<ul style="list-style-type: none"> - "Packaging postponement" kan användas som en strategi för att minska CO₂ och kostnader för materialförsörjning om den tillämpas på ett smart sätt - Komponenters egenskaper och försörjningskedjans design påverkar om "packaging postponement" är miljö- och kostnadsmässigt fördelaktigt - För att tillämpa en "packaging postponement"-strategi utvecklas ett ramverk samt förenklade vägledande principer
Förpackningsbeslut med hänsyn skalfördelar och kluster av leverantörer	<ul style="list-style-type: none"> - Totala CO₂-utsläpp och kostnader kan reduceras för vissa geografiska områden eller leverantörsgupper genom att förpackningsbeslut samordnas för ett område eller en grupp av leverantörer istället för att tas enskilt.
Komponentleverantörens påverkan på fordonsföretags förpackningsbeslut	<ul style="list-style-type: none"> - Totala CO₂-utsläpp och kostnader kan reduceras om komponentleverantörer kan påverka förpackningsbeslut - Förpackningsinstruktioner till komponentleverantörer behöver samordnas med avropskvantiteter - För vissa komponenter är standardiserade förpackningsinstruktioner fördelaktigt medan andra komponenter behöver anpassningsbara förpackningsinstruktioner
Ökad kunskap om när och var engångsförpackningar är CO ₂ -respektive kostnadseffektivt att använda i jämförelse med motsvarande returförpackning för en fordonstillverkare	<ul style="list-style-type: none"> - Samverkande faktorer kopplat till försörjningskedjans design och komponentegenskaper som påverkar när och var engångsförpackningar är CO₂- respektive kostnadseffektivt - Bidrar till ett beslutsunderlag som beskriver hur engångsförpackningar påverkar kostnadseffektivitet, CO₂-effektivitet och kvalitet i produktionen.

6.2 Bidrag till FFI-mål

Projektet har skapat ny kunskap kopplat till industriella förpackningar och deras betydelse för effektivitet i försörjningskedjor inom projektets organisationer, inom fordonsindustrin som helhet och för akademien. Denna kunskap är betydelsefull, eftersom relativt få forskningsstudier har adresserat industriella förpackningar trots att de har stor påverkan på försörjningskedjors effektivitet.

Resultaten bidrar till välinformerade beslut om förpackningar i svensk fordonsindustri då de ledande fordonstillverkarna har medverkat aktivt i projektet under fyra år. Detta har exempelvis yttrat sig i att studier har genomförts på data från de medverkande företagens försörjningskedjor där analyser och resultat har diskuterats löpande utifrån hur de kan tillämpas i olika verksamheter. Resultaten syntetiseras genom det övergripande ramverket som länkar samman fyra beslutsnivåer, strategi-policies-vägledande principer-förpackningsinstruktioner, och redogör för förhållningssätt på respektive nivå möjliggör för företag att fatta förpackningsrelaterade beslut

som hänger ihop från övergripande strategi till operationella instruktioner. Detta bidrar till ökad kostnads- och CO₂-effektivitet i materialförsörjning. Detta perspektiv som ramverket bidrar med, att belysa vikten av en helhetssyn på förpackningsbeslut, har saknats såväl i praktiken som i vetenskaplig litteratur. Att projektresultaten dessutom belyser effekter på respektive nivå av att besluten är koordinerade eller inte (t ex graden av att miljömässig hållbarhet i företagsstrategin återspeglas i operationella förpackningsbeslut) innebär att olika organisatoriska enheter i ett företag har konkreta effekter att förhålla sig till. Resultaten ger ett gemensamt ramverk, som kan vara ett diskussionsunderlag mellan olika organisatoriska enheter.

Projektet har haft omfattande kunskaps- och erfarenhetsutbyte mellan fyra stora svenska fordonstillverkare, en komponentleverantör och den ledande forskargruppen inom förpackningslogistik på Lunds universitet. Detta bidrog till en dynamik där organisationerna lärde av varandra och belyste olika perspektiv. Forskarna bidrog med de senaste forskningsrönen, vetenskapliga analyser och expertis inom förpackningslogistik medan företagen bidrog med kontextuell expertis från hela försörjningskedjan från komponenttillverkning till montering och återvinning eller återanvändning av förpackningar. Kunskaps- och erfarenhetsutbytet stöddes av projektupplägget där medverkande organisationer regelbundet möttes i både organisations specifika och tväroorganisatoriska studier samt i tväroorganisatoriska workshopar. Detta bidrog till tvärfunktionella och interorganisatoriska samarbeten kring förpackningar för att öka kostnads- och CO₂-effektivitet samt benchmarking-möjligheter mellan företagen.

Sammanfattningsvis bidrog projektet med:

- Ramverk som länkar samman fyra beslutsnivåer (strategi-policies-vägledande principer-förpackningsinstruktioner) och redogör för förhållningssätt på respektive nivå.
- Vägledande principer för förpackningsbeslut på strategisk och operationell nivå.
- Behov av nya strukturer för tvärfunktionell samverkan kring förpackningar i berörda organisationer.
- Systematisk beskrivning av metodutveckling för hur fordonsföretag kan utveckla vägledande principer för förpackningsbeslut.
- Granskning och redogörelse för forskningsläget i vetenskaplig litteratur avseende beslut för industriella förpackningar och deras användning.
- Initiala insikter och utpekande av vidare forskningsbehov kring strategier och barriärer för att uppnå cirkulära flöden för industriförpackningar i fordonsindustrin.
- Ökad kunskap och beslutsunderlag för fordonsföretag avseende returförpackningar kontra engångsförpackningar.
- Förfining av ett analysverktyg hos AB Volvo.
- Utveckling av förpackningskompetens hos Volvo Cars, AB Volvo, Scania och Automotive Components Floby om effekter av förpackningsbeslut på hållbarhet i hela försörjningskedjan. I workshoparna deltog representanter från många områden, såsom inköp, produktion, logistik, förpackningar, affärsutveckling och hållbarhet. (se avsnitt 7).
- Samarbete och kunskapsutbyte inom fordonsindustrin kring industriförpackningar. Projektet genomförde kontinuerligt aktiviteter med representanter från de involverade organisationerna, både akademiska partners och företagen. Således delades kunskap inom fordonsindustrin och mellan industrin och den akademien.
- Vetenskapliga publikationer och kunskapsspridning (se avsnitt 7).
- Integrering av projektresultat i utbildning av civilingenjörstudenter och doktorander vid Lunds universitet (se avsnitt 7).
- Projektresultatet som sammanställdes i en syntesrapport kommer att stödja förpackningsbeslut och organisation kring dessa i de medverkande företagen. Projektresultaten förordar intraorganisatoriska samarbeten genom att belysa hur beslut inom t ex inköp, produktion och logistik påverkar och påverkas av förpackningar.

- Ökad kunskap om hur "lean production"-filosofier och globala logistikstrukturer i svenska fordonsföretag påverkar förpackningsbeslut, vilka i sin tur påverkar företagens kostnader och miljöbelastning.
- Bättre underbyggda förpackningsbeslut som ger produktivitetsförbättringar genom förändrade transportvolym, utnyttjad golvyta samt utrustning och mantimmar i materialförsörjningssystemet positivt.
- Den framtagna metodiken för hållbara förpackningsbeslut, dvs ramverket och de enskilda studierna i projektet, är relevant även för andra tillverkningsindustrier, men eftersom materialflöden och försörjningskedjor skiljer sig åt mellan branscher och företag krävs branschspecifika anpassningar. Projektets publikationer, presentationer och möten med olika företag är ett steg i denna riktning.
- Identifiering av framtida forskningsbehov kopplat till industriförpackningar.

Projektets bidrag kan klassificeras på nivåerna 6 och 7 i Technology Readiness Level (TRL)-modellen. På nivå 6 har projektet analyserat olika vägledande principer (t ex packaging postponement, fylla upp pallar, engångs- vs. returförpackningar) i verksamheterna för Scania, AB Volvo, Volvo Cars och Automotive Components. På nivå 7 har samtliga principer sammanställts och relaterats till varandra för att vägleda såväl strategiska som operationella förpackningsbeslut.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatsspridning

Projektet har använts och spridits på flera olika sätt, vilket summeras i nedanstående tabell och i textstyckena därefter.

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Projektets resultat har kontinuerligt spridits till och diskuterats med och inom de medverkande organisationerna, som representerar stora delar av svensk fordonsindustri. Resultaten har också presenterats för andra företag på praktiska konferenser. Vidare har projektet producerat vetenskapliga artiklar i tidskrifter och till vetenskapliga konferenser. Resultaten har också diskuterats med doktorander inom förpackningslogistik på Lunds universitet under projektets gång.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	Projektresultat har inkluderats i en årlig kurs för 40-50 civilingenjörsstudenter på Lunds universitet. Dessa studenter börja snart sitt arbetsliv och kan då ta med sig den senaste kunskapen till industrin.
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	Projektresultaten vävdes samman i en syntesrapport, som de medverkande företagen använder för interna projekt med kopplingar till förpackningar. Några exempel är följande. Volvo Cars: Genomlysning och uppdatering av kravdokument gällande förpackningar – Volvo Cars Packaging Requirements. Scania: Packaging Optimization 2.0 där Scania ska revidera nuvarande förpackningsinstruktioner för artiklar. POP bidrar med input till nya principer och metoder som sätts upp innan projektet påbörjas. Projektet bidrar även till en introduktion till den kinesiska marknaden där Scania nu ser över sina förpackningsriktlinjer och förhållande med leverantörer. AB Volvo: Projektet har bidragit med vidareutveckling av analysverktyg samt ramverk för automatiserade förpackningsbeslut. Automotive Components: Resultatet från projektet hjälper Automotive Components att kontinuerligt välja bästa möjliga förpackningslösning utifrån kostnad och CO ₂ för företaget. Det framtagna verktyget kommer hjälpa företaget att analysera och optimera varje flöde. Vidare har workshopar genomförts med medverkande organisationer där resultaten har processats och diskuterats utifrån olika företags verksamhet. Presentationer på praktiska konferenser har belyst vikten av att integrera förpackningsbeslut vid produktutveckling och att integrera leverantörer i dessa beslut.
Introduceras på marknaden	X	Resultat kring strategiska och operationella vägledande principer kommer att integreras i beslutssystem för medverkande företag. Det ger även värdefull kunskap till ett beslutsstödjande system för klimateffektiva förpackningar som utvecklas av forskare på Lunds universitet.
Användas i utredningar/ regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut	X	Möjlighet finns för medverkande företag att använda resultat i syntesrapporten, t ex avseende miljömässig hållbarhet vs. återvinning för att stödja diskussioner kopplat till utredningar/regelverk/ tillståndsärenden/ politiska beslut.

Företag och akademi har haft ett nära samarbete i projektet avseende val av fall att studera, datainsamling, metod- och resultatvalidering och deltagande i workshopar. Härigenom spreds projektresultaten kontinuerligt bland de deltagande organisationerna. Forskarna skapade förslag på studier, som sedan diskuterades och fastställdes gemensamt i projektgruppen. Detta bidrog till att fallstudier, dataunderlag, etc. kunde anpassas för undersöka relevanta kontext för samtliga organisationer i projektet. För att sprida resultat inom hölls ett antal workshopar med deltagare även från andra delar av företagen än de som primärt ingick i projektgruppen. Resultat och utvecklingssteg har även rapporterats till andra intressentgrupper, såsom fordonskomponentgruppen (FKG) och FFI-klustret.

För att föra ut ny kunskap till näringslivet i stort har resultaten inkluderats i en kurs för civilingenjörsstudenter vid Lunds universitet med 40-50 studenter per år. Vidare har resultaten presenterats i vetenskapliga artiklar och rapporter, på vetenskapliga och praktiska konferenser och seminarier samt diskuterats på workshopar. Den externa resultatspridningen kan summeras enligt följande.

Vetenskapliga konferenser

- NOFOMA (logistikkonferens), Reykjavik, Island, juni 2022
- LRN (Logistics Research Network), online, September 2021
- NOFOMA (logistikkonferens), online, september 2021
- NOFOMA (logistikkonferens), online, september, 2020
- NOFOMA (logistikkonferens), Oslo, Norge, juni 2019

Praktiska konferenser och seminarier

- Logistikia, "Luften är inte fri: Förpackningar med ett logistik- och hållbarhetsperspektiv", Linköping, april 2022
- Fordonskomponentgruppen, "Förpackningars påverkan på leverantörer i fordonsindustrin", april 2022
- Theme Day Supply Smart, praktisk konferens arrangerad av SmurfitKappa, presentation: Förpackningsparadoxer i globala försörjningskedjor, mars 2021
- Enskilda diskussioner med 7 svenska komponentleverantörer, höst 2020
- Resultat av projektet har presenterats och diskuterats i enskilda möten med flera företag som IKEA, H&M, Tetra Pak och SmurfitKappa, 2018-2022
- FFI, klusterkonferens, Katrineholm, oktober 2019
- Transporteffektivitetsdagarna (TREFF), Lindholmen Conference Centre, Göteborg, oktober 2018 (deltagare)

Workshopar

- Project results: interpreting and applying guiding principles for industrial packaging, Scania, Volvo Cars, AB Volvo, NEVS, Automotive Components, Lunds universitet, juni 2022
- Synthesising packaging principles, Scania, Volvo Cars, AB Volvo, Automotive Components, Lunds universitet, februari 2022
- Case study workshop, Volvo Cars, Lunds universitet, maj 2021
- Case study workshop, Scania, Lunds universitet, april 2021
- Case study workshop, Automotive Components, Lunds universitet, april 2021
- Case study workshop, Volvo Cars, Lunds universitet, april 2021
- Case study workshop, Volvo Group, Lunds universitet, april 2021

- Case study workshop, Scania, Lunds universitet, augusti 2020
- Case study workshop, Scania, Lunds universitet, maj 2020
- Case study workshop, Volvo Cars, Lunds universitet, maj 2020
- Case study workshop, Automotive Components, Lunds universitet, maj 2020
- Case study workshop, Volvo Group, Lunds universitet, maj 2020
- Case study workshop, Volvo Cars, Lunds universitet, maj 2020
- Future directions of industrial packaging strategies, Scania, Volvo Cars, AB Volvo, NEVS, Automotive Components, Lunds universitet, januari 2020.
- Current state of industrial packaging strategies, Scania, Volvo Cars, AB Volvo, NEVS, Automotive Components, Lunds universitet, juni 2019.
- Industrial packaging strategies at Volvo Cars, Volvo Cars, Lunds universitet, april 2019.
- Industrial packaging strategies at Scania, Scania, Lunds universitet, april 2019.
- Packaging selection principles, Scania, Volvo Cars, AB Volvo, NEVS, Automotive Components, Lunds universitet, december 2018.

Övrigt

- Packaging logistics course (MTTN35), Lunds universitet, 7.5 poäng, 40-50 studenter per år, projektresultat och företag från projektet har medverkat i kursen 2018, 2019, 2020, 2021.
- Regelbundna projektmöten mellan medverkande organisationer.
- Climate KIC (Knowledge Innovation Centre), Europas största partnerskapsorganisation mellan offentlig och privat verksamhet, kommunikation av resultat inom detta nätverk vid presentationer 2018 och 2019.
- Höganäs bibliotek, 2019, föreläsning: Hållbara förpackningar, publik: allmänhet.
- Löddeköpinge bibliotek, 2019, föreläsning: Hållbara förpackningar, publik: allmänhet.
- A basis for future research.

7.2 Publikationer

Pålsson, H., Dagman, P., Johannesson, S., Säll, J., Varis, T. (2022), "Guiding principles for packaging decisions in the automotive industry: synthesis of a collaborative research project between Lund University and the Swedish automotive industry", Teknisk rapport, Lund University, pp. 1-31.

Silva, N. and Pålsson, H. (2022), "Industrial packaging and its impact on sustainability and circular economy: A systematic literature review", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 333, pp. 1-13.

Pålsson, H. and Hjort, K. (2022), "Packaging postponement strategies for sustainable supply chains: managing environmental and financial trade-offs in the automotive industry", *International Journal of Production Research* (under review).

Pålsson, H. (2022), "Relationships between material supply strategies and packaging decisions: impact on cost and CO₂ in automotive supply chains" (WIP).

Pålsson, H. (2022), "The impact of manufacturers' packaging selection processes on part suppliers' performance: a case study in the automotive industry", *Production Planning and Control* (under review).

Pålsson, H. and Hjort, K. (2022), "Sustainable and circular perspectives on returnable versus disposable packaging in the automotive industry: a case study of Volvo Cars", (WIP).

Pålsson, H. (2022), "Structural characteristics of packaging decisions and their impact on supply chains in the automotive industry", proceedings of Logistics Research Network.

Pålsson, H. and Varis, T. (2022), "The impact of packaging on supply chain cost and CO₂ at Scania: a study of ten packaged parts", Case study report, pp. 1-9.

Pålsson, H. and Säll, J. (2022), "The impact of packaging on supply chain cost and CO₂ at Automotive Components: a study of ten packaged parts", Case study report, pp. 1-9.

Pålsson, H. and Wallström, H. (2021), Industrial Packaging Selection Principles in the Automotive Industry: Environmental and Cost Impacts, proceedings LRN conference.

Pålsson, H. and Sandberg, E. (2021), "Adoption barriers for sustainable packaging practices", book of abstracts, NOFOMA conference.

Silva, N. and Pålsson, H. (2020), "Strategies for industrial packaging selection: a systematic literature review", proceedings of the NOFOMA 2020 conference, online, pp. 1-16.

Pålsson, H. (2019), Chapter 7: Environmentally responsible packaging in global supply chains. In R. Wilding (Ed.), *Supply Chains in Action: A Case Study Collection in Supply Chain, Logistics, Procurement and Operations Management*. Vol. 1, Kogan Page, London, pp. 71-87.

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Detta projekt syftade till att utveckla kunskap om industriförpackningar och deras användning vid materialförsörjning inom fordonsindustrin. Kunskapen skulle ge vägledning för förpackningsbeslut som ger kostnads- och miljömässigt effektiva förpackningslösningar för komponentförsörjning. Detta innefattade att utveckla riktlinjer, uttryckt i principer, som kan vägleda förpackningsbeslut inom fordonsindustrin.

För att fånga komplexiteten av förpackningsbeslut definierades vägledande principer i ett teoretiskt ramverk med fyra abstraktionsnivåer (strategi, interna policyer, vägledande principer, instruktioner). Ett företags förståelse för dessa nivåer och samspelet mellan dem är en nyckelfaktor till att ta fram principer som kan styra förpackningsbeslut i en kostnads- och miljöeffektiv riktning.

Projektet visade att vägledande principer för förpackningsbeslut bör definieras efter utarbetande av policyer inom fyra områden 1) förbättra effektiviteten i försörjningskedjor ur ett förpackningsperspektiv, 2) minimera miljöpåverkan från industriförpackningar, 3) stöd i förpackningsutvecklingsprocessen, och 4) följa förändringar i och följa regelverk för industriförpackningar.

De vägledande principerna för förpackningsbeslut var uppdelade i 8 strategiska och 15 operativa. Strategiska förpackningsbeslut handlar till exempel om hur en fordonstillverkare kan integrera leverantörer i förpackningsbeslut samt i vilken utsträckning och hur principer för cirkulära flöden ska tillämpas vid förpackningsutveckling. Operativa förpackningsbeslut avser kortsiktiga beslut, såsom principer för att öka eller bibehålla orderkvantitet om kapaciteten på en pall inte utnyttjas. De vägledande principerna för operativa förpackningsbeslut bör stödja det dagliga beslutsfattandet.

Sammanfattningsvis har förpackningar stor inverkan på logistikaktiviteter i leverantörskedjor. För att fatta förpackningsbeslut som logistikaktiviteterna leder till är kostnads- och miljöeffektiva, är huvudbudskapet att förpackningsbeslut måste 1) tas ur ett systemperspektiv där alla influenser kombineras, 2) anpassa övergripande företagsstrategi, förpackningspolicyer och förpackningsriktlinjer, och 3) tillämpa vägledande principer för strategiska och operativa förpackningsbeslut som presenteras i denna rapport.

8.1 Fortsatt forskning

Projektet identifierade fortsatt forskning inom sex områden:

Teoretiska vägledande principer för förpackningsbeslut kontra tillämpning inom industrin. Detta projekt visade att fordonsföretag tillämpar de vägledande principerna för förpackningsbeslut i olika omfattning. Framtida forskning undersöka gapet mellan teoretiska vägledande principer för förpackningsbeslut och deras tillämpningar inom industrin för att ta reda på orsaker för nivå på tillämpning, förklaringar till likheter och skillnader mellan företag samt hur kopplingar mellan företagsstrategi och vägledande principer för förpackningsbeslut är utformade.

Datadrivna beslut. Beslutsfattandet baseras på tillgänglig information. Det är därför viktigt att ha uppdaterad information förpackningars kostnads- och miljöpåverkan. Med nuvarande IT- och digitaliseringskapacitet bör fordonsföretag automatisera mätningen av sina förpackningsekosystem. På så sätt kan förpackningsbeslut fattas med detaljerad, tillförlitlig och uppdaterad information. Om inte ett sådant beslutsstödssystem används rekommenderas att analysera förutsättningar och krav för ett system och sedan hitta ett att implementera. Vidare befinner vi oss i den fjärde industriella revolutionen, Industri 4.0, där sammankoppling, digitalisering och automatisering är nyckelbegrepp och där beslutsfattandet blir alltmer datadrivet. Datadrivna förpackningsbeslut kan i allt högre utsträckning utnyttja artificiell intelligens (AI) och maskininlärning (ML). Framtida forskning bör undersöka robotprocessautomatisering (RPA) för förpackningsbeslut, exempelvis var, hur och i vilken omfattning förpackningsbeslut ska tillämpa digitalisering, AI och ML.

Standardförpackningar vs. specialförpackningar. Detta projekt fokuserade på standardiserade returförpackningar, men analyserade även engångsförpackningar. Fordonsföretag använder dock även specialförpackningar för komponenter som är unika i något avseende. Projektets resultat i form av ett ramverk och vägledande principerna är tillämpbara även på specialförpackningar, men framtida forskning bör ta upp likheter och skillnader i hur de vägledande principerna tillämpas för standardiserade och specialförpackningar, och hur dessa två typer kan synkroniseras och hanteras tillsammans på ett effektivt sätt.

Cirkularitet. Ett cirkulärt perspektiv på förpackningar innebär att maximera dess värde. Det kan uppnås genom att bromsa resursloopar (förlänga förpackningens livscykel) eller försluta resursloopar (förlänga materialvärdet). Det behövs mer forskning inom båda angreppssätten, t ex om återvinning, effektiv hantering av returförpackningar i industriell symbios, hur återvinning av engångsförpackningar kan jämföras med återanvändning av returförpackningar samt hur företag kan minimera tvättning av returförpackningar.

CO₂ i kortsiktiga och långsiktiga förpackningsbeslut. Projektet har diskuterat två alternativa sätt att inkludera CO₂ i beslutsfattande: att översätta CO₂ till kostnad eller att använda både CO₂ och kostnad som separata mått. För att företag ska nå sina CO₂-mål finns det behov av ytterligare forskning för att undersöka det mest effektiva tillvägagångssättet för att inkludera CO₂ i både kortsiktiga och långsiktiga beslut.

Regler och föreskrifter. För internationella tillverkare ändras förpackningslagstiftningen regelbundet på nationell, kontinental och internationell nivå. Den aktuella forskningen om

konsekvenserna av lagstiftning om industriförpackningar är begränsad. I takt med att lagstiftning och regelverk kring miljömässigt hållbara och cirkulära förpackningar utvecklas ökar behovet av forskning. Sådan forskning bör inriktas på att undersöka lagstiftningens inverkan på förpackningsbeslut, exempelvis om lagstiftning främjar de övergripande mest hållbara förpackningsbesluten eller om den är utformad med ett alltför snävt systemperspektiv. Ett annat exempel är huruvida reglering av cirkulära förpackningsflöden är anpassad till miljömässiga hållbarhetsmål och hur eventuella motsättningar kan hanteras.

9 Referenser

Azzi, A., Battini, D., Persona, A., Sgarboss F. (2012), "Packaging design: General framework and research agenda" *Packaging and Technology and Science*, Vol. 25, pp. 435–456.

Ballou, R. (2004), *Business Logistics/Supply Chain Management: Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain*. 5th ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall/Pearson Educational International.

Bowersox, D.J., Closs, D.J. and Bixby Cooper, M. (2009), *Supply Chain Logistics Management*, 3rd ed., McGraw Hill Higher Education, New York.

Early, C., Kidman, T., Menvielle, M., Meyer, R. and McMullan, R. (2009), "Informing Packaging Design Decisions at Toyota Motor Sales Using Life Cycle Assessment and Costing", *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 13 No. 4, pp. 592-606.

Garcia-Arca, J., Prado, J., Garrido, A. (2014), "'Packaging logistics': promoting sustainable efficiency in supply chains", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, pp. 261-272.

Lai, J., Harjati, A., McGinnis, L., Zhou, C. and Guldberg, T. (2008), "An economic and environmental framework for analyzing globally sourced auto parts packaging system", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 16 No. 15, pp. 1632-46.

Verghese, K. and Lewis, H. (2007), "Environmental innovation in industrial packaging: a supply chain approach", *International Journal of Production Research*, Vol. 45 No. 18-19, pp. 4381-4401.

Pålsson, H., Finnsgård, C., Wänström, C. (2013), "Selection of Packaging Systems in Supply Chains from a Sustainability Perspective: The Case of Volvo", *Packaging Technology and Science*, pp. 289-310.

10 Deltagande parter och kontaktpersoner



Lunds universitet, Henrik Pålsson, Professor Förpackningslogistik

Scania, Tom Varis, Packaging Specialist

Volvo Cars, Staffan Johannesson, Head of Sustainability in Supply Chain Management

Automotive Components Floby AB, Jennie Säll, Manufacturing Engineer

AB Volvo, Petrus Dagman, Director - Internal logistics

NEVS, Håkan Karlsson, Senior Logistics Engineer