



Slutrapport: Framtida fossiloberoende tunga transporter inom gruv/stålbranschen

MARIA ÖBERG, LTU

CHARLOTTA JOHANSSON, LTU

ATHANASIOS MIGDALAS, LTU

Projektnummer 2018.1.4e
Titel – svenska Studie: Framtida fossiloberoende tunga transporter inom gruv/stålbranschen
Titel – engelska Study: Future fossile-independent heavy transports in mining/steelindustry
Projektledareorganisation Projektledaren genomför projektet tillsammans med övriga projektdeltagare
Projektledare Maria Öberg, LTU
Projektdeltagare Charlotta Johansson, LTU Athanasios Migdalas, LTU Per Bondemark, SSAB Rickard Backlund, SSAB Jan Lundgren, LKAB Henrik Vuorinen, Luleå hamn AB Mats Bengtén, Trafikverket
Nyckelord: Fossilfria, transporter, gruvindustri, stålindustri, tunga transporter, ökade godsflöden

Sammanfattning

Studien bidrar till kunskap om hinder respektive möjligheter för ett framtida fossiloberoende transportsystem med utgångspunkt från två stora transportörer/transportköpare inom den transportintensiva gruv- och stålindustrin, LKAB och SSAB.

Till att börja med genomfördes intervjuer med projektparterna. Syftet med intervjuerna var att få information från respektive organisation om godsflödena för att grovt kunna uppskatta påverkan på CO₂-utsläpp, samt synpunkter och inspel om vilka frågor som är viktiga för en omställning till ett fossiloberoende transportsystem. I ett andra steg genomfördes en litteraturstudie för en fördjupning av tre utvalda områden, baserat på intervjuerna i samråd med projektparterna.

Utifrån de frågor som angetts som viktigast för utvecklingen av ett framtida fossiloberoende transportsystem under intervjuerna och projektgruppsmötena, samt den fördjupade litteraturstudien, har följande idéområden formulerats för fokus i fortsatt arbete och forskning:

- Stärkt infrastruktur för järnväg och sjöfart i ett systemperspektiv
- Avgifts- och incitamentstruktur för olika transportslag
- Utveckling av förnybara bränslen
- Längre och tyngre fordon
- Sista sträckan ut till kund – ”last mile”
- Ökad samordning av godstransporter
- Värdering av CO₂-utsläpp
- Snabbare stöd till innovationer

Idéerna har samtliga ett långsiktigt perspektiv. Genom att tydliggöra vilka åtgärder som ger störst effekt, och börja arbeta med dem, kan förändringar åstadkommas i ett kort perspektiv.

Studien har utförts inom forskningsprogrammet Triple F som finansieras av Trafikverket, under åren 2018-2019. Projektet har medfinansierats av LKAB, SSAB, Luleå hamn, och Trafikverket. LTU har varit projektledande organisation.

Summary

The study contributes to knowledge about obstacles and possibilities for a future fossil-independent transport system based on two major transporters / buyers in the transport-intensive mining and steel industry, LKAB and SSAB.

Initially, interviews were conducted with the project partners. The purpose of the interviews was to obtain information from the respective organizations about the freight flows in order to be able to roughly estimate the impact on CO2 emissions, as well as views and input on the issues that are important for a conversion to a fossil-independent transport system. In a second step, a literature study was conducted for an in-depth study of three selected areas, based on the interviews in consultation with the project partners.

Regarding the issues that were considered most important for the development of a future fossil-independent transport system during the interviews and project group meetings, as well as the in-depth literature study, the following areas of ideas have been formulated for focus in further work and research:

- Strengthened infrastructure for rail and shipping in a system perspective
- Last distance to customer - "last mile"
- High capacity transport (longer and heavier vehicles)
- Increased coordination of freight flows
- Structure for fees and incentives for different modes of transport
- Valuation of CO2 emissions
- Development of renewable fuels
- Faster support for innovations

The ideas all have a long-term perspective. By clarifying which measures have the greatest impact, and starting to work with them, changes can be achieved in a short perspective.

The study was carried out within the research program Triple F, which is funded by the Swedish Transport Administration, in the years 2018-2019. The project has been co-financed by LKAB, SSAB, Port of Luleå, and the Swedish Transport Administration. LTU has been a project-leading organization.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	ii
Summary	iii
Innehållsförteckning	iv
1 Inledning	1
2 Genomförande	2
3 Resultat intervjuer och CO2-beräkning	4
3.1. LKAB	4
3.1.1. Godsflöden och CO2-beräkning	4
3.1.2. Prognoser för framtida godsflöden.....	7
3.1.3. Hinder och möjligheter för att utveckla ett framtida fossiloberoende transportsystem ..	8
3.1.4. Vad är viktigast?	9
3.1.5. Vilka nyckelorganisationer berörs?	9
3.1.6. Vilken typ av energi tänker du/ni främst på när ni hör fossilfria transporter?.....	9
3.1.7. Finns det något annat du/ni vill ta upp som kan påskynda / hindra utvecklingen av ett framtida fossiloberoende transportsystem?	10
3.2. SSAB	10
3.2.1. Godsflöden och CO2-beräkning	11
3.2.2. Prognoser för framtida godsflöden.....	14
3.2.3. Hinder och möjligheter för att utveckla ett framtida fossiloberoende transportsystem	14
3.2.4. Vad är viktigast?	15
3.2.5. Vilka nyckelorganisationer berörs?	15
3.2.6. Vilken typ av energi tänker du/ni främst på när ni hör fossilfria transporter?.....	15
3.2.7. Finns det något annat du/ni vill ta upp som kan påskynda / hindra utvecklingen av ett framtida fossiloberoende transportsystem?	15
3.3. Luleå hamn	15
3.3.1. Prognoser för framtida godsflöden.....	17
3.3.2. Hinder och möjligheter för att utveckla ett framtida fossiloberoende transportsystem	17

3.3.3.	Vad är viktigast?	18
3.3.4.	Vilka nyckelorganisationer berörs?	18
3.3.5.	Vilken typ av energi tänker du/ni främst på när ni hör fossilfria transporter?.....	19
3.4.	Trafikverket	19
3.4.1.	Prognosförutsättningar för framtida godsflöden.....	19
3.4.2.	Forskningsprojekt eller andra arbeten som kan ha särskild betydelse för ett framtida fossilberoende godstransportsystem för gruv/stålbranschen	20
3.4.3.	Hinder och möjligheter för att utveckla ett framtida fossilberoende transportsystem	21
3.4.4.	Vad är viktigast?	21
3.4.5.	Vilka nyckelorganisationer berörs?	21
3.4.6.	Vilken typ av energi tänker du/ni främst på när ni hör fossilfria transporter?.....	21
3.4.7.	Finns det något annat du/ni vill ta upp som kan påskynda / hindra utvecklingen av ett framtida fossilberoende transportsystem?	22
4	Resultat litteraturstudie	23
4.1.	Avgiftsstruktur och incitament.....	23
4.2.	Längre och tyngre fordon.....	28
4.3.	Automatisering bulktransporter i hamn	32
5	Bidrag till Triple F	35
6	Nyttiggörande	36
7	Diskussion.....	37
7.1.1.	Hinder för fossilfri utveckling	38
7.1.2.	Möjligheter för fossilfri utveckling	38
7.1.3.	Idéer för utveckling på kort och lång sikt.....	39
7.1.4.	De viktigaste nyckelaktörerna för att genomföra olika åtgärder.....	42
8	Fortsatt arbete och forskning.....	43
9	Referenser	44
10	Bilagor	53

1 Inledning

Gruv- och stålindustrin är en transportintensiv bransch som har behov av kontinuerliga, tunga och volymmässigt stora transporter, såväl för inhemska transporter som för import och export. LKAB i Norrbotten producerar ca 80% av den järnmalm som bryts i EU, och LKAB står för nästan hälften av all godsfrakt på svensk järnväg, vilket innebär att det är Sveriges största fraktbolag (LKAB, 2018). SSAB producerar högkvalitativt stål, och råvaran för den svenska produktionen utgörs i huvudsak av LKAB:s järnmalm (SSAB, 2018).

Prognosen för år 2030 och framåt visar kraftigt ökad produktion av järnmalmsprodukter för LKAB. Dessutom återupptogs järnmalmsproduktion i Pajala sommaren 2018 (Kaunis iron, 2019). För långväga transporter är järnväg och sjöfart utpekade som de miljömässigt mest fördelaktiga transportslagen (Regeringskansliet, 2018). För att befintliga och ökande godsmängder ska kunna transporteras effektivt och fossiloberoende med järnväg och sjöfart behövs ett väl fungerande godstransportsystem i alla delar (infrastruktur, logistik, policy mm.). Mot bakgrund av framtida produktionsökningar kommer tillgång till tillräcklig kapacitet vara en central fråga för befintliga och tillkommande gods- och persontransporter. Ökad kapacitet kan tillgodoses genom investering och/eller att befintlig kapacitet kan nyttjas ännu bättre.

Den här studien ska bidra till kunskap om hinder respektive möjligheter för ett framtida fossiloberoende transportsystem med utgångspunkt från två stora transportörer/transportköpare inom den transportintensiva gruv- och stålindustrin, LKAB och SSAB. Viktiga nyckelaktörer för samverkan identifieras.

Studien har utförts inom forskningsprogrammet Triple F som finansieras av Trafikverket, under åren 2018-2019. Projektet har medfinansierats av LKAB, SSAB, Luleå hamn, och Trafikverket. LTU har varit projektledande organisation.

2 Genomförande

Projektet utfördes i två steg. Till att börja med genomfördes intervjuer med projektparterna. Syftet med intervjuerna var att få information från respektive organisation om godsflödena för att grovt kunna uppskatta påverkan på CO₂-utsläpp, samt synpunkter och inspel om vilka frågor som är viktiga för en omställning till ett fossiloberoende transportsystem. I ett andra steg genomfördes en litteraturstudie för en fördjupning av tre utvalda områden, baserat på intervjuerna i samråd med projektparterna.

Intervjuerna genomfördes av LTU med hjälp av en semi-strukturerade intervjuguide, se intervjuguide i bilaga (Merriam, 2009). Personerna som intervjuades har ledande befattningar i sitt företag eller organisation med koppling till transporter. För SSAB och LKAB omfattade frågorna nuvarande och framtida godsflöden till och från verksamheten, samt frågor om hinder, möjligheter och nyckelorganisationer för en omställning till framtida fossiloberoende transportsystem. I intervjun med Luleå hamn avsågs godsflödena till och från hamnen som rör gruv- och stålindustrin. För Trafikverket som har en annan typ av verksamhet ställdes inga frågor om godsflöden, men två frågor lades till om vilka prognosförutsättningar som ligger till grund för framtida flödesprognoser, samt om kännedom om andra relevanta forskningsprojekt.

Beräkningar av CO₂-utsläpp har genomförts av LTU huvudsakligen med beräkningsprogrammet NTMcalc på avancerad nivå i beräkningsprogrammet (NTM, 2019). För att mäta avstånd för sträckor med sjöfart har ECO TransIT World använts (ECO Trans IT World, 2019), då en automatiserad funktion för detta inte finns tillgänglig i NTM-verktyget.

Under projektets genomförande hölls ett startmöte, ett halvtidsmöte och ett slutmöte med projektparterna. Vid startmötet diskuterades behov av mindre justeringar i projektplanen, föreliggande avtal för projektets genomförande, samt förslag till intervjuunderlag. Tider för intervjuer bokades med projektdeltagarna.

Vid projektets halvtidsmöte diskuterades hinder och möjligheter som lyfts fram för att utveckla ett fossiloberoende transportsystem. De sammantaget viktigaste frågorna identifierades. Utifrån dessa valdes tre områden ut för fördjupade litteraturstudier, för att ge större insikt i erfarenheter om hur dessa frågor hanterats i Sverige respektive andra länder med liknande ambitioner. Områden var:

- Avgiftsstruktur och incitament
- Längre och tyngre fordon
- Automatisering av bulktransporter

Litteraturstudierna utfördes av LTU. Till att börja med gjordes en genomgång av känt material för att ge en bakgrund till läget inom respektive område. Regeringens godstransportstrategi från 2018 visar rådande inriktning för arbetet i landet för godsfrågorna, där samtliga tre valda områden för litteraturstudier berörs. Dessutom finns aktuella rapporter från olika myndigheter kring t.ex. prissättning av kapacitet, och genomförande av regeringsuppdrag som följt av godstransportstrategin.

Därutöver har en sammanställning av litteratur rörande andra länder också genomförts. I bibliografin har vi – när detta har varit möjligt – använt oss huvudsakligen av vetenskapliga artiklar publicerade i internationella tidskrifter med peer-review. För detta ändamål har vi använt nyckelordssökning på databaserna *web of science* och *science direct*. *Google* och *google scholar* sökmotorerna har också använts för ytterligare sökning efter rapporter och webbsidor.

Slutligen har litteraturen kompletterats genom granskning av bibliografin i de refererade vetenskapliga artiklarna.

Vid projektets slutmöte diskuterades resultaten från studien, för att kunna sammanfatta de huvudsakliga hinder och idéer som framkommit för en framtida omställning till fossilfria transporter. Idéer om möjliga åtgärder och vilka som skulle kunna driva dem diskuterades. Slutligen sammanställdes ett antal arbets- och forskningsinsatser som föreslås arbetas vidare med.

3 Resultat intervjuer och CO2-beräkning

I det här avsnittet ges en inledande presentation av intervjuad organisation, samt resultat från intervjuerna. Beräkningar av CO2-utsläpp genomfördes av LTU baserat på mängduppgifter från intervjuad organisation, samt med hjälp av beräkningsverktygen NTMcalc och ECO TransIT World.

3.1. LKAB

Totalt producerades ca 2.1 miljarder ton järnmalm i världen år 2017, enligt en rapport från SGU (2019). Australien är det land som dominerar järnmalmproduktionen med ca 40 %, följt av Brasilien, som står för ca 20 % enligt samma rapport. Vidare beskrivs i rapporten att Kina, Indien och Ryssland är stora järnmalmproducenter, och att i Sverige produceras ca 1,3 % av världens järnmalm.

I ett Europeiskt perspektiv utgör Sveriges järnmalmproduktion en betydande andel, drygt 90 % av produktionen i EU (SveMin, 2019).

LKAB är ett globalt företag som tillverkar och förädlar järnmalmprodukter, och tjänster för järntillverkning (LKAB, 2018). I ett globalt perspektiv utgör LKAB en liten aktör, men har etablerat sig som världens andra största leverantör av sjöburen importerad järnmalm (LKAB, 2017).

I LKAB:s års- och hållbarhetsredovisning (LKAB, 2018) beskrivs verksamheten. LKAB:s huvudsakliga produktionsanläggningar finns i Kiruna, Gällivare och Svappavaara. Verksamheten är indelad i tre divisioner. Division norra omfattar gruvor och förädlingsverk i Kiruna, och härifrån transporteras produkterna på järnväg mot Narvik för vidare utskeppning. Division södra inkluderar Malmbergets och Svappavaaras produktion, med järnvägstransporter av produkterna till Luleå, och en del för vidare transport med båt. Division specialprodukter erbjuder produkter och tjänster, t.ex. industrimineraler baserat på järnmalm. År 2018 producerades 26,9 miljoner ton järnmalmprodukter, varav nästan 90% bestod av pellets, och resten bestod av fines. Fines är fint krossad järnmalm, som hos kund under hög värme sintras (sätts samman) till större bitar. Dessa järnmalmprodukter stod för 90 % av LKAB:s försäljning år 2018, industrimineraler 8%, och övrigt 2 %.

Verksamheten genererar en stor mängd transporter. Råvaror, tillsatsmaterial och förbrukningsartiklar levereras in till produktionsanläggningarna och färdiga produkter levereras ut till kunderna.

3.1.1. Godsflöden och CO2-beräkning

Beskrivningen av godsflöden har genomförts på ett översiktligt sätt, för att identifiera potentialer för minskade utsläpp, inte för att ange exakta mängder.

Transporter av produkter

LKAB säljer produkterna FOB (free on board), dvs. LKAB ansvarar för transporter till hamn och lastning på båt, samt kostnader för svensk tullklarering. När godset lastats på båten ansvarar köparen för resterande del av transporten. Transporter med båt från Sverige har angetts till hamn i annat land. Vidare transport från hamn i annat land ingår inte i studien.

Tabell 1. Transport av produkter från LKAB (mängd, sträcka och beräknade CO2-utsläpp)

Produkter	Mängd [^] (kton/år)	Sträcka ^{^^}	Avstånd ^{^^^} (mil)	Transportslag	CO2- utsläpp ^{^^^^} (ton)	CO2e-utsläpp per 1000 tonkm gods (kg)
Järnmalmprodukter	15 000	Kiruna-Narvik	17	Tåg	511	0,2
	3500	Svappavaara-Narvik	21	Tåg	154	0,2
	4000	Malmberget-Narvik	27	Tåg	221	0,2
	15 500	Narvik - Europa (omlast Rotterdam/Antwerpen)	210	Båt (bulk, 60k dwt)	170900	5,3
	5000	Narvik - mellanöstern/Nordafrika	779	Båt (bulk, 60k dwt)	204600	5,3
	1000	Narvik - Turkiet	783	Båt (bulk, 60k dwt)	41120	5,3
	1000	Narvik - USA (sydöstkust), Asien	909	Båt (bulk, 250k dwt)	26530	2,9
	7500	Malmberget - Luleå	21	Tåg	324	0,2
	1200	Luleå- Raahe	15	Båt (bulk, 15k dwt)	1768	9,8
	2000	Luleå - Oxelösund	94	Båt (bulk, 15k dwt)	18470	9,8
	1500	Luleå - Hamburg	181	Båt (bulk, 15k dwt)	26670	9,8

[^] Godsflödena har beräknats utifrån fördelning av försäljning till Europa 69%, Mellanöstern och Nordafrika (MENA) 23%, övriga världen inkl. Turkiet 9% (LKAB, 2018).

^{^^} Från Luleå antas endast transport inom Europa. Båttransport till USA, samt Asien antas ske från Narvik som en del av transporter till övriga världen.

^{^^^} Avstånd till en antagen genomsnittlig målpunkt har använts för båttransporter där specifik stad ej angetts. Beräkningsverktyget ECOtransit tool har använts för att ange avstånd för båttransporter, för att undvika manuellt ruttval. För mer specifika uppgifter hänvisas till beräkningsunderlag i bilaga. Transporter från hamn till vidare produktion inom landet ingår inte i sammanställningen.

^{^^^^} Beräkningsverktyget NTMcalc har använts för beräkningar av emissioner. För mer specifika uppgifter hänvisas till beräkningsunderlag i bilaga.

Transporter av insatsvaror

Insatsvarorna transporteras främst med järnväg och sjöfart. Information om inkommande transporter med båt till Luleå och Narvik har till viss del inte funnits tillgängligt i den här studien.

Tabell 2. Transport av insatsvaror till LKAB (mängd, sträcka och beräknade CO2-utsläpp)

Insatsvara	Mängd [^] (kton/år)	Sträcka	Avstånd ^{^^} (mil)	Transportslag	CO2- utsläpp ^{^^^} (ton)	CO2e-utsläpp per 1000 tonkm gods (kg)
Bentonit	180	Luleå-Malmberget	21	Tåg	8	0,2
	110	Malmberget-Kiruna	11	Tåg	3	0,2
Bränd kalk	35	Luleå-Malmberget	21	Tåg	2	0,3
	5	Malmberget-Kiruna	11	Tåg	0,1	0,2
Stenkol	180	Australien (östkust) - Luleå	2497	Båt (bulk, 250k dwt)	13120	2,9
	180	Luleå-Kiruna	30	Tåg	19	0,4
	30	Kiruna - Svappavaara	4	Tåg	0,3	0,3
Kvartsit	180	Narvik-Kiruna	17	Tåg	6	0,2
	15	Kiruna - Svappavaara	4	Tåg	0,1	0,2
	30	Kiruna - Malmberget	11	Tåg	0,7	0,2
Olivin	380	Narvik-Kiruna	17	Tåg	13	0,2
	10	Kiruna - Svappavaara	4	Tåg	0,1	0,3
	180	Kiruna - Malmberget	11	Tåg	4	0,2
Kalksten	180	Gotland-Luleå	107	Båt (bulk, 15k dwt)	1892	9,8
		Luleå-Malmberget	21	Tåg	8	0,2
	130	Malmberget - Kiruna	11	Tåg	3	0,2
	50	Kiruna - Svappavaara	4	Tåg	0,4	0,2
Dolomit	140	Masugnsbyn - Kiruna	11	Lastbil, lb med släp 40-50 t	1008	65,5
	20	Narvik-Svappavaara	21	Tåg	0,9	0,2
MRO (förnödenheter, reservdelar, underhåll)	3,4	Gävle - Gällivare/Kiruna	107	Lastbil, lb med släp 40-50 t	246	67,6
MRO (förnödenheter, reservdelar, underhåll)	2,3	Borlänge-Luleå/Gammelstad	114	Tåg	0,9	0,3
		Luleå/Gammelstad- Gällivare/Kiruna	34	Lastbil, lb med släp 40-50 t	53	67,8

[^]Årlig mängd MOR från Gävle har beräknats för 1 st. lastbil á 15 ton under 225 arbetsdagar, samt från Borlänge 3 st. lastbilar á 15 ton per vecka under 52 veckor.

^{^^} Avstånd från en antagen genomsnittlig startpunkt har använts för båttransporter. Beräkningsverktyget ECOtransit tool har använts för att ange avstånd för båttransporter, för att undvika manuellt ruttval. För mer specifika uppgifter hänvisas till beräkningsunderlag i bilaga. Transporter ut till hamn av leverantörer ingår inte.

^{^^^} Beräkningsverktyget NTMcalc har använts för beräkningar av emissioner. För mer specifika uppgifter hänvisas till beräkningsunderlag i bilaga.

Lastbilarna med MOR från Borlänge samordnas med SSAB:s stålpendel. Lastbilarna kommer från Borlänge till terminalen i Gammelstad, Luleå, på tåg, och fortsätter därefter till Malmfälten på väg.

Stenkol köps in samordnat med SSAB, och kommer med båt från Australien, och kalksten kommer med båt från Gotland. För vidare transport med tåg till Malmfälten lastas det över på malmvagnarna som tömts i Luleå. För omlastningen används dieseltraktor. Ett annat tåg körs dagligen från Luleå till Malmfälten med bentonit, kalk mm. som växlas ihop och körs av en annan operatör. Där används andra vagnar än malmvagnarna, t.ex. bentonit körs i slutna tankvagnar.

Kvartsit och olivin lastas av automatiskt i Narvik, från båt till returtransport med tömda malmvagnar. Från strömmen från tågens bromskraft drar man upp matning av material från båtarna genom en särskild anordning.

Lösningen med samordning av lastbilar på tåg för MOR är bra för miljön, men det har varit vissa svårigheter med kör- och vilotider för chaufförerna och öppettider i förråden. Det skulle kunna vara möjligt att köra lastbilarna vidare med tåg till en kombiterminal i Kiruna, men den terminal som finns för närvarande är inte i bruk. Trafikverket ansvarar för den, men det finns ingen operatör. För lastbilstransporterna från Gävle, där gods samlas ihop i Gävle som knutpunkt och skickas med lastbil hela vägen upp till Malmfälten idag, är ambitionen att kunna ingå i tåglösningen från Borlänge. En utmaning i det arbetet är att få till omloppen med antal vagnar mm. ICA deltog i ett tidigare skede, men det var svårt att tillgodose deras krav på kylkedjor.

Interna transporter

Tabell 3. Interna godsflöden LKAB (mängd, sträcka, och beräknade CO2-utsläpp)

Interna flöden	Mängd (kton/år)	Sträcka	Avstånd (mil)	Transportslag	CO2-utsläpp ^{^^^} (ton)	CO2e-utsläpp per 1000 tonkm gods (kg)
Rågods	2000	Kiruna-Svappavaara	4	Tåg	18	0,2
Rågods	3000	Svappavaara-Malmberget	15	Tåg	92	0,2

^{^^^} Beräkningsverktyget NTMcalc har använts för beräkningar av emissioner. För mer specifika uppgifter hänvisas till beräkningsunderlag i bilaga.

Inom industriområdena sker transporter med dieseldrivna fordon för transport av gråberg till deponi i samtliga förädlingsorter i Kiruna, Malmberget och Svappavaara. I Leviniemi sker transporter av material till kross, samt till järnvägen. Det finns också 4-5 dieseldrivna terminallok vid lastplatser i Kiruna och Svappavaara under jord. Dessa används endast inom industriområde t.ex. för vagnar som behöver köras till verkstad. I Luleå sker detta i samverkan med verkstäder i Notviken.

3.1.2. Prognoser för framtida godsflöden

God efterfrågan på LKAB:s produkter och fortsatt prospektering skapar grund för fortsatt utveckling av gruvdriften. Framtida godsvolymer prognosticeras öka kraftigt fram till 2030 och framåt:

Tabell 4. Prognos godsvolymer för LKAB:s produkter

Sträcka	Dagens flöde	Prognos 2030 och framåt
Mot Narvik	ca 20 mton/år	30-35 mton/år
Mot Luleå	ca 7-7,5 mton/år	10-15 mton/år

Hur ökade flöden fördelas mellan Narvik och Luleå beror bland annat på genomförandet av Malmporten, ett omfattande pågående projekt i Luleå hamn som kommer skapa mer effektiva transporter, t.ex. genom att större fartyg kan tas emot. Det finns också behov av dubbelspår mellan Boden och Luleå för att den sträckan inte ska bli en bromskloss, då den redan nu trafikeras av malmtrafiken, persontrafik, Stålpendlin m.fl.

Med ökad produktion följer också ökade mängder insatsvaror.

3.1.3. Hinder och möjligheter för att utveckla ett framtida fossiloberoende transportsystem

Ett hinder är den kraftiga höjning av banavgifter som skett i Norge. Där används ett Europeiskt system och för Ofotenbanan kan det tas ut särskilda avgifter för transporter med mer än 25 tons axellast, dvs för LKAB. Det ger ökade kostnader, vilket inte är önskvärt för ett bolag som behöver vara konkurrenskraftigt på en global marknad. Även om banavgifterna är konkurrenshämmande så kan de vara värt kostnaden om det innebär att järnvägsnätet fungerar bra, men generellt är järnvägsinfrastrukturen föråldrad och behöver mer underhållsåtgärder. Godstransporternas behov kommer inte fram lika bra som persontrafikens i samhället.

Ett annat problem är att befintlig kapacitet längs Ofotenbanan och Malmbanan Kiruna-Narvik inte kommer att räcka till med mer malmtransporter från LKAB och andra gruvföretag, ökad mängd fisktåg, utvecklad persontrafik, och med behoven för längre och tyngre tåg. Ökade axellaster och ett framtida dubbelspår behövs således. Det är viktigt att Sverige och Norge går i takt i planeringsarbetet för att uppnå detta.

Under åren 2019-2020 ska 32,5 tons axellast (jämfört nuvarande 30 ton) för sträckan Kiruna-Narvik testas för utvärdering av vilka åtgärder som behövs för att kunna införa det permanent, vilket är en möjlighet till mer effektiva transporter. Tidigare har sträckan Malmberget – Luleå testats på liknande sätt för 32,5 tons axellast. Där har försöket permanentats, men ett antal förstärkningar i infrastrukturen kommer att behövas innan generell trafikering kan ske. En sådan ökning av axellasten innebär ca 8 % ökning av transportmängderna i praktiken, med samma antal tåg.

Framtida möjligheter till effektivisering kan vara förändrade logistikupplägg. Idag sker försäljningen av produkterna fram till båttransporten. Storleken på båtarna har ökat väsentligt, i Narvik kan båtarna ta 170 000 – 200 000 ton. Det innebär att den mängden måste finnas i lager när båten kommer, dvs. dag 1 eller upp till dag 15. Med utökade prognoser för produktionen kommer det att krävas mer lagerkapacitet i både Luleå och Narvik. LKAB hade gärna sett en mer relationsbaserad försäljning med lager hos kund. Då skulle kanske en mer hållbar helhetslösning kunna erbjudas, med samordnat leveransupplägg till kund. Kunderna har mer LEAN produktion, och vill inte ha för stora lager, men med ett mer övergripande ansvar för lager hos kund skulle de kunna fyllas på kontinuerligt efter behov. Dock måste man komma ihåg att kunderna kan vara konkurrenter sinsemellan.

Teknikuppgraderingar som ERTMS, som innebär ett mer enhetligt digitaliserat signalsystem på järnvägen, kommer naturligtvis förbättra i längden, men det har också inneburit stora kostnader. Exempelvis har en ny teknikprodukt köpts in till tågen för hundratals miljoner. På svenska sidan av Malmbanan har utrustning köpts in från Bombardier, och på norska sidan från Siemens, vilket också ställer krav på samordnad funktion. Det är långa ledder för ändringar i signalställverken, t.ex. ändringar av avstånd eller hastigheter tar ett år. Ett förslag är att ha digitala simulatorer för

ändringar så de kan införas fortare. Så arbetar man inom flyget. I en framtid kan förarlösa tåg aktualiseras, men det finns regelverk som bromsar ett sådant införande.

De insatser som skulle skapa mer fossiloberoende lösningar för LKAB:s transporter handlar främst om trucktransporter och upplagslastning, samt att förbättra transportlösningen av dolomit från Masugnsbyn som sker på väg. Den tekniska utvecklingen går ständigt framåt, så det finns flera tänkbara alternativ som skulle kunna undersökas, t.ex. bränsleceller eller batterier. En elväg skulle också kunna fungera, och det kan vara en lösning på längre sikt.

Användning av diesel blir också mer miljövänligt genom reduktionsplikten, som innebär att 20% HVO ska blandas i dieseln. Ombyggnad pågår i oljehamnen för en cistern för HVO. Det gör att man kan köpa in större mängder, och en försörjningslina till Malmfälten kommer att vara klar i halvårsskiftet 2019. Det kommer att utgöra en del av tågtransporterna med insatsvaror mellan Luleå och Malmfälten.

Om Gävlehubben kan skiftas till Borlänge för MOR kan det minska utsläppen ytterligare, men det måste finnas goda incitament för en flytt. Det handlar om flera års upphandling, långsiktig kalkylerbara kostnader och att järnvägen håller en god kvalitet. Det innebär en långsiktighet, med bra underhåll, god tillgänglighet, och förbättringar i befintlig infrastruktur. T.ex. miljöbonus styr tonkm till järnväg, men bara under några år.

Det är viktigt att se till helheten. Bristande tillgänglighet kan ge mer omlastning via upplag. Ett exempel är kopplat till Merttainen utanför Svappavaara, där beräkningar visat att användning av två lastmaskiner och en truck för att lasta upp på järnväg skapade mer utsläpp än att skicka materialet med lastbil.

3.1.4. Vad är viktigast?

De viktigaste frågorna är:

- Långsiktigt arbete för att stärka järnvägen
- Ökade axellaster och på sikt dubbelspår på Malmbanan
- Fungerande banavgifter, där underhåll kan prioriteras.

3.1.5. Vilka nyckelorganisationer berörs?

För att stärka järnvägen, med fokus på Malmbanan, är viktiga organisationer i arbetet Trafikverket, Banenor och LKAB. Det är viktigt att forskning omsätts i praktiken, så t.ex. Järnvägstekniskt centrum (JVTC) vid Luleå Universitet kan vara en viktig organisation för att resultat ska tillämpas.

Banavgifter är till stor del en politisk fråga, och ett långsiktigt system behövs.

3.1.6. Vilken typ av energi tänker du/ni främst på när ni hör fossilfria transporter?

För godstransporter skulle det vara eldrift med matning, eller bränsleceller med vätgas.

3.1.7. Finns det något annat du/ni vill ta upp som kan påskynda / hindra utvecklingen av ett framtida fossiloberoende transportsystem?

Ett konkurrenskraftigt järnvägsnät är viktigt, också i nord-sydlig riktning. Vissa insatsmaterial skulle kunna använda järnvägen mer, t.ex. malkulor för malning. Hellre utbyggnad av Norrbotniabanan än höghastighetsjärnväg.

För att fortsatt kunna arbeta med effektiviseringar efterfrågas en mer långsiktig planering av tågplanen, med fördelning av tåglägen. För närvarande förhandlas tåglägena årligen.

En annan reflektion från ett branschperspektiv är att det är en utmaning att inte ligga vid järnvägen när man ska starta en stor industri, t.ex. gruvverksamheten i Kaunisvaara.

3.2. SSAB

Världsmarknaden för stål omfattar en produktion på ca 1 800 miljoner ton råstål per år enligt en rapport från SGU (2018). Kina är enligt samma rapport den i särklass största producenten med nästan 50 % av världsproduktionen av råstål, och i Sverige producerades år 2018 ca 4,7 miljoner ton råstål. Det resulterade i att ca 3.7 miljoner ton handelsfärdigt stål levererades från stålverken (Jernkontoret, 2019). Det finns tretton anläggningar för framställning av järn och stål i Sverige, varav de flesta är lokaliserade i Bergslagen (Jernkontoret, 2019a). Av dessa är tio anläggningar skrotbaserade, två är järnmalmsbaserade och ett är ett malmbaserat järnsvampverk, och dessutom finns ett femtontal anläggningar för bearbetning av stål (Jernkontoret, 2019a). De två malmbaserade verken i Luleå och Oxelösund står för ca två tredjedelar av svensk råstålsproduktion (SGU, 2018).

I SSAB:s årsredovisning (SSAB, 2018) beskrivs verksamheten. SSAB är ett globalt stålföretag som producerar avancerade höghållfasta stål (AHSS), seghärdade stål (Q&T), tunnplåt, grovplåt, rör, samt konstruktionslösningar inom byggbranschen. SSABs verksamhet omfattar tre ståldivisioner SSAB Special Steels, SSAB Europe och SSAB Americas, samt två dotterbolag Tibnor och Ruukki Construction. SSAB Special Steels har den huvudsakliga produktionsanläggningen i Oxelösund (Sverige). SSAB Europe har de huvudsakliga produktionsanläggningarna i Luleå och Borlänge (Sverige), samt i Brahestad och Tavastehus (Finland). SSAB Americas har huvudsakliga produktionsanläggningar i Mobile, Alabama samt Montpelier, Iowa (USA).

Produktionskapaciteten är totalt ca 8,8 miljoner ton stål per år, och ungefär 8 miljoner ton stål produceras årligen. I Sverige sker masugnsbaserad ståltillverkning i Luleå, som har en kapacitet på 2,3 miljoner ton per år, och i Oxelösund, som har en kapacitet på 1,5 miljoner ton per år. Järnmalm från LKAB utgör huvudsaklig råvara för ståltillverkningen. I Borlänge vidareförädlas stålet till varmvalsat och kallvalsat höghållfast stål.

Verksamheten genererar en stor mängd transporter. Råvaror, tillsatsmaterial och förbrukningsartiklar levereras in till produktionsanläggningarna och färdiga produkter levereras ut till kunderna.

3.2.1. Godsflöden och CO2-beräkning

Beskrivningen av godsflöden har genomförts på ett översiktligt sätt, för att identifiera potentialer för minskade utsläpp, inte för att ange exakta mängder. I den här sammanställningen ligger fokus på de mest betydande godsflödena till och från anläggningar i Sverige.

Transporter med båt till och från Sverige har angetts till hamn i annat land. Transporter till och från hamn i annat land ingår inte. För direkta transporter med lastbil eller järnväg har en schabloniserad distans till/från angivet område använts.

Transporter av produkter

Transporter av olika stålprodukter ut till kund sker med både järnväg, sjöfart, och väg.

Tabell 5. Transport av produkter från SSAB i Sverige (mängd, sträcka och beräknade CO2-utsläpp)

Produkter	Mängd [^] (kton/år)	Sträcka	Avstånd ^{^^} (mil)	Transportslag	CO2e-utsläpp ^{^^^} (ton)	CO2e-utsläpp per 1000 tonkm gods (kg)
Stålprodukter - konventionell båttransport	408	Oxelösund - västra Europa	141	Båt (general cargo, 10k dwt)	8899	15,5
	255	Oxelösund - Norden	122	Båt (general cargo, 10k dwt)	4812	15,5
	42	Oxelösund - centrala och östra Europa	696	Båt (general cargo, 30k dwt)	3596	12,3
	159	Oxelösund - Nordamerika (östkusten)	819	Båt (general cargo, 50k dwt)	14470	11,1
	56	Oxelösund - Asien (inkl. Turkiet och mellanöstern)	1484	Båt (general cargo, 50k dwt)	9235	11,1
	15	Oxelösund - Oceanien (Australien)	2411	Båt (general cargo, 50k dwt)	4019	11,1
	14	Oxelösund - Afrika (västra och södra)	1468	Båt (general cargo, 50k dwt)	2284	11,1
	8	Oxelösund - Sydamerika (västkusten)	1285	Båt (general cargo, 50k dwt)	1142	11,1
Stålprodukter - containertransport	137	Gävle/Norrköping - Asien (inkl. Turkiet)	1502	Båt (container, 160k dwt)	35440	17,2
	21	Gävle/Norrköping - Sydamerika (västkusten)	1304	Båt (container, 160k dwt)	4717	17,2
	7	Gävle/Norrköping - Nordamerika (östkusten)	838	Båt (container, 160k dwt)	1010	17,2
	13	Gävle/Norrköping - Oceanien (Australien och Nya Zeeland)	2430	Båt (container, 160k dwt)	5441	17,2
	8	Gävle/Norrköping - Afrika (Sydafrika)	1487	Båt (container, 160k dwt)	2049	17,2
Stålprodukter - med lastbil inom Sverige och export	480	Borlänge/Oxelösund/Finspång - inom Sverige	57	Lastbil (direkt, lb m släp 40-50 t)	18720	68,4
	200	Borlänge/Oxelösund/Finspång - centrala och östra Europa	229	Lastbil (direkt, lb m släp 34-40 t)	36610	79,9
	165	Borlänge/Oxelösund/Finspång - västra Europa	196	Lastbil (direkt, lb m släp 34-40 t)	25810	79,8
	95	Borlänge/Oxelösund/Finspång - Norden	57	Lastbil (direkt, lb m släp 34-40 t)	4096	75,6
	40	Borlänge/Oxelösund/Finspång - Baltikum	62	Lastbil (direkt, lb m släp 34-40 t)	1971	79,5
	20	Borlänge/Oxelösund/Finspång - Ryssland och CIS	165	Lastbil (direkt, lb m släp 34-40 t)	2631	79,7
Stålprodukter - järnväg inom Sverige och export	180	Borlänge - Köping/Surahammar, Oskarshamn/Sölvesborg, Halmstad, Göteborg/Uddevalla, Luleå	61	Tåg	25	0,2
	580	Borlänge - Gävle/Oxelösund för vidare transport med båt	23	Tåg	30	0,2
	550	Borlänge/Oxelösund - västra Europa	225	Tåg	18460	14,9
	100	Borlänge/Oxelösund - Norge/Danmark	44	Tåg	15	0,3
	10	Borlänge/Oxelösund - centrala och östra Europa	267	Tåg	399	14,9

[^] Tillgängligt underlag har omfattat SSAB Europe och SSAB Special Steels. För konventionella båttransporter från Sverige (Oxelösund), har mängden produkter beräknats av LTU utifrån att produktionen i Sverige står för ca 60% och

produktionen i Finland står för ca 40%. Detta baseras på att produktionsanläggningen Brahestad har en kapacitet på ca 2,6 miljoner ton råstål per år, dvs. ca 40 % av kapaciteten i Brahestad, Luleå och Oxelösund tillsammans. I Tavastehus sker vidareförädling. För containertransport står Gävle och Norrköpings hamnar för ca 67% av total utskeppning från SSAB Europe och SSAB Special Steels. Godsflödena har fördelats med denna procent till samtliga destinationer.

^^ Avstånd till en antagen genomsnittlig målpunkt har använts. Beräkningsverktyget ECOtransit tool har använts för att ange avstånd för båttransporter, för att undvika manuellt ruttval. För mer specifika uppgifter hänvisas till beräkningsunderlag i bilaga. Transporter från hamn till vidare produktion inom landet ingår inte.

^^^ Beräkningsverktyget NTMcalc har använts för beräkningar av emissioner. För mer specifika uppgifter hänvisas till beräkningsunderlag i bilaga.

Transporter av insatsvaror

Insatsvarorna utgörs volymmässigt främst av järnmalm, kol och kalksten som transporteras med järnväg och sjöfart. För legeringar, t.ex. FeSi, SiMn, som används i stålframställningen för att ge stålet olika egenskaper, används båt- och biltransporter. Det rör sig om relativt låga tonnage, men kan innebära långväga transporter. Legeringar, t.ex. mangan, lastas ofta om och konsolideras i Antwerpen eller Rotterdam, för att sedan transporteras till ett mellanlager, t.ex. i Västerås. MRO (Maintenance, Repair & Operations) sker till stor del med lastbil till respektive ort. Uppskattningsvis ankommer tio lastbilar per dag till respektive anläggningsort.

Tabell 6. Transport av insatsvaror till SSAB i Sverige (mängd, sträcka och beräknade CO2-utsläpp)

Slutrapport: Framtida fossiloberoende transporter inom gruv/stålbranschen

TripleF, augusti, 2019

Insatsvara	Mängd [^] (kton/år)	Sträcka	Avstånd ^{^^} (mil)	Transportslag	CO2e-utsläpp ^{^^^} (ton)	CO2e-utsläpp per 1000 tonkm gods (kg)
Järnmalm pellets	2 750	Malmberget - Luleå	21	Tåg	119	0,2
	1 150	Malmberget - Luleå	21	Tåg	50	0,2
		Luleå-Oxelösund	94	Båt (bulk, 15k dwt)	10620	9,8
Metallurgiskt kol (kokskol)	400	Australien (östkust) - Luleå	2497	Båt (bulk, 250k dwt)	29100	2,9
	200	Australien (östkust) - Oxelösund	2411	Båt (bulk, 250k dwt)	14050	2,9
	400	USA (östkust) - Luleå	905	Båt (bulk, 250k dwt)	10510	2,9
	200	USA (östkust) - Oxelösund	819	Båt (bulk, 250k dwt)	4755	2,9
	260	Kanada (västkust) - Luleå	1869	Båt (bulk, 250k dwt)	14160	2,9
	130	Kanada (västkust) - Oxelösund	1783	Båt (bulk, 250k dwt)	6752	2,9
Injektionskol	360	Ryssland/Baltisk hamn - Luleå	118	Båt (bulk, 15k dwt)	4172	9,8
	180	Ryssland/Baltisk hamn - Oxelösund	42	Båt (bulk, 15k dwt)	743	9,8
Petcoke (petroleumkoks)	36	Rotterdam/Antwerpen - Luleå	227	Båt (bulk, 15k dwt)	803	9,8
	18	Rotterdam/Antwerpen - Oxelösund	141	Båt (bulk, 15k dwt)	249	9,8
Kalksten	250	Frankrike - Luleå	264	Båt (bulk, 15k dwt)	6483	9,8
	100	Gotland - Oxelösund	21	Båt (bulk, 15k dwt)	206	9,8
MRO (förlämnheter, reservdelar, underhåll)	34	In till Luleå	30	Lastbil, lb med släp 40-50 t	692	67,8
	34	In till Oxelösund	30	Lastbil, lb med släp 40-50 t	692	67,8
	34	In till Borlänge	30	Lastbil, lb med släp 40-50 t	692	67,8
Legeringar	1,7	Norge alt. Ukraina/Baltisk hamn - Luleå (FeSi)		Lastbil alt. båt (10k dwt)		
	1,6	Norge alt. Ukraina/Baltisk hamn - Oxelösund (FeSi)		Lastbil alt. båt (10k dwt)		
	0,8	Kanada (östkust) alt. Brasilien/båda omlast Rotterdam - Luleå (FeNb)		Båt (50k dwt), omlast båt (10k dwt)		
	0,1	Kanada (östkust) alt. Brasilien/båda omlast Rotterdam/omlast Västerås - Oxelösund (FeNb)		Båt (50k dwt), omlast båt (10k dwt), omlast lastbil		
	4,5	Norge alt. Ukraina/Baltisk hamn alt. Sydafrika/omlast Rotterdam, Antwerpen - Luleå (FeSiMn)		Lastbil alt. båt (10k dwt) alt. Båt(50k dwt), omlast båt (10k dwt)		
	9,4	Norge alt. Ukraina/Baltisk hamn alt. Sydafrika/omlast Rotterdam, Antwerpen - Oxelösund (FeSiMn)		Lastbil alt. båt (10k dwt) alt. båt (50k dwt), omlast båt (10k dwt)		
	1,0	Kina/omlast Rotterdam - Luleå (Mn)		Båt (50k dwt), omlast båt (10k dwt)		
	2,3	Kina/omlast Rotterdam - Oxelösund (Mn)		Båt (50k dwt), omlast båt (10k dwt)		
	22,8	Norge alt. Nordkorea/omlast Rotterdam alt. Sydafrika/omlast Rotterdam/omlast Västerås - Luleå (FeMn HC/MC)		Lastbil alt. Båt (50k dwt), omlast båt (10k dwt) alt. Båt(50k dwt), omlast båt (10k dwt), omlast lastbil		
	5,8	Norge alt. Nordkorea/omlast Rotterdam/omlast Gävle alt. Sydafrika/omlast Rotterdam/omlast Västerås - Oxelösund (FeMn HC/MC)		Lastbil alt. båt (50k dwt), omlast båt (10k dwt), omlast lastbil		
	0,1	Tyskland alt. Chile/omlast Belgien alt. USA (västkust)/omlast England - Luleå (FeMo)		Båt (10k dwt) alt. båt (50k dwt), omlast båt (10k dwt)		
	1,6	Tyskland alt. Chile/omlast Belgien alt. USA (västkust)/omlast England - Oxelösund (FeMo)		Båt (10k dwt) alt. båt (50k dwt), omlast båt (10k dwt)		
	1	China/Indonesien/omlast Rotterdam - Oxelösund (Ni)		Båt (50k dwt), omlast båt (10k dwt)		
	4,4	Luxemburg/Belgien/Österrike/Tyskland - Luleå (Al dabs)		Lastbil, båt (10k dwt) från Belgien		
	0,4	Luxemburg/Belgien/Österrike/Tyskland - Oxelösund (Al dabs)		Lastbil, båt (10k dwt) från Belgien		

[^] Mängden MRO för respektive ort har beräknats för 10 st. lastbilar á 15 ton under 225 arbetsdagar på ett år.

^{^^} Avstånd från en antagen genomsnittlig startpunkt har använts för båt- och lastbilstransporter. Beräkningsverktyget ECOtransit tool har använts för att ange avstånd för båttansporter, för att undvika manuellt ruttval. För mer specifika uppgifter hänvisas till beräkningsunderlag i bilaga. Transporter ut till hamn av leverantörer ingår inte.

^{^^^} Beräkningsverktyget NTMcalc har använts för beräkningar av emissioner. För mer specifika uppgifter hänvisas till beräkningsunderlag i bilaga. CO2-utsläpp för legeringar har inte beräknats då mängderna är relativt sett små, samt att transportkedjorna behöver utredas mer i detalj. Mot bakgrund av de utsläpp som beräknats för andra insatsvaror antas generellt de transporter av legeringar som utförs med lastbil vara de som behöver fokuseras på för att minska CO2-utsläpp.

Arbetet med att välja järnväg och sjöfart när det är möjligt, och att minska utsläppen pågår kontinuerligt. Två LNG (liquid natural gas)-drivna båtar har nyligen tagits i drift för att

transportera insatsvaror, som kokskol, järnmalm och kol inom Östersjöområdet för SSAB:s verksamhet. Transportvolymen omfattar ca 6-7 miljoner ton per år och halverar utsläppen av CO2 per ton gods jämfört med fartyg som drivs med lågsavlig bunkerolja.

Interna transporter

Tabell 7. Interna godsflöden SSAB (mängd, sträcka, och beräknade CO2-utsläpp)

Interna flöden	Mängd (kton/år)	Sträcka	Avstånd (mil)	Transportslag	CO2e-utsläpp ^{^^} (ton)	CO2e-utsläpp per 1000 tonkm gods (kg)
Stålämnen (slabs)	2000	Luleå-Borlänge	99	Tåg	406	0,2
Stålämnen (slabs)	420	Oxelösund - Borlänge/Göteborg/Finspång	40	Tåg	34	0,2
Interna transporter	130	Borlänge - Göteborg/Virsbo	45	Tåg	12	0,2

^{^^} För beräkningar av emissioner har beräkningsverktyget NTMcalc använts. För mer specifika uppgifter hänvisas till beräkningsunderlag i bilaga.

Den så kallade Stålpendeln, tåget som går 2-3 gånger per dygn med stålämnen från Luleå till Borlänge, gick tidigare tom tillbaka. Nu använder både SSAB och LKAB pendeln för ca 10 trailers per vecka som ska norrut i ett så kallat horisontellt samarbete. Ambitionen är att utöka samverkan med fler aktörer.

3.2.2. Prognoser för framtida godsflöden

Framtida godsvolymer förväntas inte öka nämnvärt fram till 2030. De befintliga anläggningarna kan inte producera så mycket mer, utan större investeringar.

3.2.3. Hinder och möjligheter för att utveckla ett framtida fossiloberoende transportsystem

Alla transportslag behövs, för att klara det totala transportbehovet. Vi behöver jobba med alla transportslag utifrån sina förutsättningar. Det handlar inte om att försämra villkoren för att transportera på väg, utan att stimulera till en överflyttning till järnväg och sjöfart på annat sätt.

Järnvägen behöver bli mer effektiv och attraktiv. Dagens järnväg är i dåligt skick, har för låg kapacitet och banavgifterna har ökat kraftigt. Trots att en övergripande inriktning är att flytta över gods till järnväg och sjöfart går realpolitiken i motsatt riktning då både banavgifter respektive farled- och lotsavgifter ökar.

Det kapillära järnvägsnätet (industrispår och mindre kommunala eller statliga banor) och terminaler för att nå kunderna är viktiga för att kunna frakta godset med en järnvägslösning. Avsaknad av industrispår eller liknande innebär att en omlastning till vägtransport måste ske för den sista delen av sträckan. Det medför ökade kostnader och tidsåtgång, vilket kan leda till att en vägtransport väljs för hela transporten. Dessa mindre banor behöver också underhållas väl. Om en banas högsta tillåtna axellast behöver sättas ned på grund av eftersatt underhåll, kan det leda till att fyllnadsgraden blir så låg att det inte bli lönsamt att använda järnväg. SSAB har kunder över hela världen. Tyngdpunkten av kunderna till den nordiska verksamheten finns i Europa. Det är det idag endast ett 20-tal av dem som kan ta emot varorna direkt från järnväg.

För vägtransporterna är det viktigt med en utveckling mot längre och tyngre fordon. Till exempel skulle en möjlighet att köra 74 tons lastbilar med coils mellan Borlänge och Avesta innebära en reduktion av 400 lastbilstransporter/år på sträckan. En coil väger ca 26 ton, vilket innebär att två sådana skulle kunna lastas på istället för en, och lastbilstransporterna halveras. Elvägar

skulle också minska utsläppen kraftigt. Den teststräcka som finns mellan Sandviken och Gävle ligger till grund för fortsatt testverksamhet. Andra drivmedel som kan minska utsläppen av fossil koldioxid är biodrivmedel. Ett hinder för användning av biodrivmedel för lastbilstrafiken idag är att det saknas tankstationer.

En viktig drivkraft för att få till förändringar i transportkedjan är att varuägarna engagerar sig. Med ett större engagemang, mer samverkan i branschen och mer öppenhet om vilket gods som transporteras var och när, skulle det finnas bättre möjligheter till samordnade transportlösningar, t.ex. med Stålpendeln.

3.2.4. Vad är viktigast?

De viktigaste frågorna är:

- Kapacitet och underhåll på järnväg
- Koordinerade skatter och avgifter
- Utveckling av respektive transportslag

3.2.5. Vilka nyckelorganisationer berörs?

Varuägare, operatörer, och Trafikverket som har mycket data om järnvägen.

3.2.6. Vilken typ av energi tänker du/ni främst på när ni hör fossilfria transporter?

Biodrivmedel och/eller elektrifiering, det är för tidigt att säga vilken teknologi som kommer att bli den huvudsakliga inriktningen.

3.2.7. Finns det något annat du/ni vill ta upp som kan påskynda / hindra utvecklingen av ett framtida fossiloberoende transportsystem?

Det är svårt att klara en hel transport utan omlastning, ofta behövs 2-3 omlastningar. Den tekniska utvecklingen med ökad automatisering förväntas kunna sänka kostnaderna för omlastning. En effektiv omlastning kan också bidra till överflyttning av transportarbete till miljövänliga transportslag på delar av transportsträckan.

3.3. Luleå hamn

Luleå hamn är en av Sveriges fem största hamnar, och omsätter ca 8 miljoner ton gods per år (Luleå hamn AB, 2019). Hamnen är också utpekad som en viktig strategisk hamn i det utpekade transportnätet på europeisk nivå (Sjöfartsverket, 2019). Hamnen är i drift året runt, och isbrytning sker vid behov under perioden januari-maj (Luleå hamn AB, 2019).

Mot bakgrund av ökade behov av malmtransporter från befintliga och nya gruvor pågår utbyggnadsprojektet Malmporten som kommer att förbättra kapaciteten, säkerheten och miljön i hamnen (Sjöfartsverket, 2019). Farleden kommer att breddas och fördjupas och t.ex. möjliggöra angöring av fartyg med en last på 160 000 ton, jämfört med dagens 55 000 ton, och större fartyg innebär effektivare transporter och mindre utsläpp (Sjöfartsverket, 2019).

Enligt en bindande överenskommelse i IMO (FN:s sjöfartsorgan) omfattas Östersjön av ett särskilt svavelkontrollområde (SECA) där det sedan 2015 ställs krav på max 0,1 viktsprocent svavelhalt i bränslet (IMO, 2019).

Godsflöden

Transporter relaterade till SSABs och LKABs verksamheter står för ca 90 % av hamnens godsflöden. Beskrivningen av godsflöden omfattar mängder, och hantering i hamnen och hamnnära områden.

Tabell 8. Godsmängd Luleå hamn – icke enhetsgods 2018 (Sveriges hamnar, 2019)

Luleå hamn - Icke enhetsgods 2018	Mängd (kton/år)
Mineraloljeprodukter	258
Övrig flytande bulk	36
Skogsprodukter	31
Järn- och stålprodukter	179
Övrig torrbulk mm. (malm, kol)	7 169
Summa:	7 674

Inkommande gods

Stenkol lossas och läggs upp i ett lager varifrån det transporteras med transportband till SSAB:s koksverk som ligger nära hamnen, samt på järnväg till LKAB:s anläggningar i Malmfälten. Koks tillverkas i koksverket och för den del som ska vidaretransporteras till Brahestad eller Oxelösund med båt transporteras kokset med lastbil till upplag i hamnen. Transportband används från lager till kaj, ca 1 km.

Kalksten som är det tredje största godsslaget efter järnmalm och kol, lagras i hamnen och går sedan med lastbil ca 3 km till SSAB:s anläggning, eller omlastas till järnväg för transport till LKAB:s anläggningar i Malmfälten.

Bentonit kommer med båt och lagras. Inkommande bentonit transporteras ca 3 km med lastbil till LKAB:s anläggning i hamnen, och därefter med tåg till Malmfälten.

Dolomit, som omfattar relativt små volymer, transporteras också med lastbil till LKAB:s anläggning, och sedan vidare med tåg mot Malmfälten.

Mängden järnskrot varierar kraftigt mellan olika år. År 2018 ankom ca 25 000 ton. Det kommer med båt till hamnen och transporteras vidare med lastbil till SSAB:s anläggning.

Legeringar kommer i mindre volymer, ibland används lastmaskiner och truckar för förflyttning inom hamnområdet. De kommer oftast från Antwerpen.

Bränd kalk transporteras med transportband till silos, och sedan med lastbil till SSAB:s anläggning, och för omlastning till tåg till LKAB:s anläggningar i Malmfälten.

Inkommande flytande produkter är i huvudsak tjockolja, som främst köps in av LKAB, och flygfotogen som köps in av F21.

Avgående gods

Järnmalm, ca 4 500 miljoner ton/år skeppas ut från hamndelen Sandskär.

Utskeppning av stålämnen varierar och beror av eventuella produktionsstopp eller järnvägens framkomlighet. Ett normalår transporteras ca 10 000 ton/år till Brahestad, och mycket lite till Oxelösund/Borlänge.

Koksgrus som är en biprodukt från koksverket skickas t. ex. till Halmstads järnverk som har en annan typ av ugn än SSAB och kan använda det som bränsle, och en del skickas till Danmark. Överblivna stål- och järnbitar, så kallade rusor, kan säljas till elektrostålverk.

Omlastning i hamnen

Det togs beslut om att Luleå hamn helt skulle gå över till att använda HVO (hydrerad vegetabilisk olja), som är ett förnybart drivmedel som kan användas istället för diesel. Dessvärre kunde inte leverantörsbolaget leverera så mycket då tillgängliga mängder HVO inte räcker till, bland annat eftersom reduktionsplikten innebär att alla drivmedelsleverantörer ska öka inblandningen av biodrivmedel.

Hamnen förändras mot en ökad automatisering, men det kräver stora investeringar. Inom projektet Malmporten kommer alla kranar att vara automatiserade. Digitalisering och automation kommer att öka effektiviteten.

För kortare transporter som idag utförs med lastbil i hamnområdet skulle alternativa lösningar för att minska utsläppen exempelvis kunna vara att anlägga en elväg till LKAB:s anläggning från deras lager, eller ett transportband tillbaka från SSAB för transport av koksgrus. Kostnadseffektiviteten för sådana investeringar behöver i så fall undersökas, med tanke på de begränsade mängder som ska transporteras.

3.3.1. Prognoser för framtida godsflöden

Utskeppning av järnmalm förväntas öka fram till 2030, från befintliga och nyetablerade gruvor. LKAB har en prognos med kraftiga produktionsökningar fram till 2030 och framåt. Hur det påverkar Luleå hamn beror av fördelningen av utskeppning via Narvik respektive Luleå, som i sin tur bl.a. påverkas av Malmbanans tillgängliga kapacitet och resultat av projekt Malmporten. Projekt Malmporten kommer att möjliggöra effektivare transporter när fartyg som kan lasta 2-3 gånger så mycket som idag kan angöra hamnen. Med större lastmängd minskar utsläppen/ton gods. Övergången mellan järnväg och sjöfart blir också smidigare.

Däremot väntas inflödena inte öka nämnvärt i ett 15-års perspektiv, främst mot bakgrund av att SSAB inte aviserar några större produktionsökningar.

3.3.2. Hinder och möjligheter för att utveckla ett framtida fossilberoende transportsystem

Krav på minskade utsläpp från maskiner och bränslen är ett styrmedel som påverkar utvecklingen. Ett exempel är kraven på minskade utsläpp av svavel inom Östersjön som ger positiva miljökonsekvenser, men också innebär att alla fartyg som går in i Östersjön får tanka ca 20-30 % dyrare bränsle. Det finns skrubbrar för rening som kan användas, men det är en dyr investering som också kräver underhåll. Teknikutvecklingen inom sjöfarten för att möta nya krav kommer, men det är ett långsiktigt arbete då det är stora investeringar i drivmedel och reningsteknik som behövs. Nya fartyg kommer successivt som drivs av LNG eller dual fuel, vilket innebär att de kan köras både på gas och konventionell bunkerolja. Två nya LNG-drivna

fartyg körs nu i Östersjön för SSAB:s transporter. Det går också att använda biogas som drivmedel, men det är tveksamt om volymerna som behövs finns tillgängliga. Även tallolja och andra dieselsubstitut skulle gå att använda.

Förnybara bränslen är viktigt, alltifrån tillgång till teknik på båtar till tillgång på bränsle. Stena line har under 2018 testat en färja som drivs av metanol. LNG som inte är ett fossilfritt alternativ får ses som ett mellansteg i utvecklingen mot fossilfrihet. El kommer allt mer, t.ex. kommer det i Luleå i år en bogserbåt som drivs av el på vägen ut, och går över till diesel när den kopplat på den andra båten. Vind kanske kan bli ett alternativ i framtiden.

Ett hinder är bristen på långsiktighet i policys och politiska beslut. Med en inriktning att föra över trafik på järnväg och sjöfart är det märkligt att det fortfarande är lönsamt att köra långtradare genom hela Sverige. Behöver godset alltid transporteras så snabbt? Det borde finnas en plan för lika behandling mellan transportslagen. Sjöfarten har den högsta självfinansieringsgraden genom bland annat farleds- och anlöpsavgifter, lastbilarna betalar inte för vägarna så samma sätt.

Järnvägen behöver utvecklas strategiskt, till exempel kommer det i förlängningen finnas behov av ett dubbelspår på Malmbanan. Där är det viktigt att samhällsnyttan för en sådan investering tydliggörs gentemot t.ex. planerna på stora investeringar i höghastighetsbanor.

En annan möjlighet är att öka samordningen och nyttja befintliga transporter bättre. Det går många vagnar mellan Luleå hamn och Malmfälten. Det borde finnas mer möjlighet att använda den kapaciteten ännu mer. Inom sjöfarten pågår ett arbete med SSAB för att samordna utgående transporter och konsolidera inkommande volymer. Till exempel transporteras färdig plåt till Antwerpen, och då borde insatsvaror därifrån kunna transporteras tillbaka på returreisan. En studie pågår om det.

Om Norrbotniabanan byggs på ett smart sätt som underlättar distribution längs kusten skulle det förbättra för sjöfarten. En järnvägsanslutning till hamnen som medför att tung trafik inte behöver passera centrum kan öka intresse för sjögods från Europa att anlöpa Luleå för vidare distribution.

3.3.3. Vad är viktigast?

De viktigaste frågorna är:

- En rättvis avgiftsstruktur för olika transportslag
- Ökad samordning av godstransporter
- Ökad användning av fossilfria drivmedel i sjöfarten samt inom hamnområden

3.3.4. Vilka nyckelorganisationer berörs?

Det behövs triple helix-konstellationer, där samhälle, näringsliv och akademi kan samverka och skapa samsyn. Olika organisationer är generellt sett väldigt slimmade idag, och det kan vara svårt att avsätta tid för utveckling och att testa nya idéer. Då är det positivt om andra resurser, t.ex. universitet kan hjälpa till med det.

3.3.5. Vilken typ av energi tänker du/ni främst på när ni hör fossilfria transporter?

Framtiden kommer inte att vara som historien – att det finns bensin eller diesel att välja på. Framtidens bränslen kommer antagligen att utgöras av en palett av olika drivmedel. Det kommer att innebära en dyrare infrastruktur för att kunna tillhandahålla olika tankmöjligheter.

3.4. Trafikverket

Trafikverket är en statlig myndighet som ansvarar för långsiktig planering för vägtrafik, järnvägstrafik, luftfart och sjöfart, samt för byggande och drift av statliga vägar och järnvägar (Trafikverket, 2017a).

3.4.1. Prognosförutsättningar för framtida godsflöden

Den prognos som Trafikverket arbetar efter just nu kallas Basprognos 2040. Den uppdateras vartannat år, och bygger på beslutade förutsättningar, styrmedel och beslutade planer för infrastrukturen. Förändringar i prognosen kan visa på brister i transportsystemet. I Åtgärdsvalsstudier ser man på olika lösningar i 4 steg, allt från förändrade beteenden, optimering till nybyggnation av infrastruktur. Diskussion har förts om att prognoserna inte tar tillräcklig hänsyn till påverkan från samhällsmål som t.ex. politisk styrning för överflyttning av trafik mellan transportslag. Det av regeringen tillsatta Miljömålsrådet har, på initiativ från Trafikverkets generaldirektör, tagit fram en rapport "Transportplanering 2.0" med fokus på hållbarhetsperspektivet.

"Syftet med arbetet i Transportplanering 2.0 är att gemensamt beskriva dagens transportinfrastrukturplanerings styrkor och brister utifrån ett hållbarhetsperspektiv. Syftet är också att ge förslag till principer och översiktliga arbetssätt för hur transportplaneringen bättre kan hantera hållbarhetsutmaningar. Syftet är också att ge regeringen ett underlag för framtagande av kommande direktiv för att ta fram inriktningsunderlag"(Trafikverket, 2018a, p.8).

Aktuella åtgärder i infrastrukturen är de som finns angivna i den nationella planen för transportinfrastrukturen 2018-2029, och länsplaner för regional transportinfrastruktur. T.ex. Norrbotniabanan, sträckan mellan Umeå och Skellefteå, finns med i den nationella planen som ett viktigt investeringsprojekt. Utöver namngivna objekt finns även medel för trimningsåtgärder inom vissa utpekade områden. Trimningsåtgärder är åtgärder som kostar mindre än 100 miljoner kr i den nationella planen och 25 miljoner i den regionala. Det finns också en näringslivspott i den nationella planen där industrin själva får föreslå åtgärder som snabbt kan få effekt i infrastrukturen.

Ett generellt problem för infrastrukturplaneringen är tidshorisonterna, det tar lång tid att genomföra ett infrastrukturprojekt. Först ska projektet komma in i 12-årsplaneringen för att få medel för genomförande, sedan ska hela byggprocessen utföras, vilket kan ta flera år beroende på projekt. Det kan vara svårt i mötet med industrins kortare tidshorisonter, där förändrad produktion kan ge behov av nya infrastrukturåtgärder relativt snabbt. Trafikverket försöker anpassa planeringen så långt möjligt till industrins uppkomna behov.

3.4.2. Forskningsprojekt eller andra arbeten som kan ha särskild betydelse för ett framtida fossiloberoende godstransportsystem för gruv/stålbranschen

Regeringen har i sin Godsstrategi "Effektiva, kapacitetsstarka och hållbara godstransporter – en nationell godstransportstrategi" gett Trafikverket ett antal uppdrag:

- Satsning på intermodalitet med fokus på järnväg
- Åtgärder för fler godstransporter på järnväg och med fartyg kartläggs
- Längre och tyngre fordon
- Öppna data för ökad fyllnadsgrad

Trafikverket har också fått i uppdrag att ta fram en färdplan för elvägar. Det finns i dag två demonstrationsanläggningar, en utanför Sandviken på befintlig väg där luftledning ger el till lastbilen under färd och den ordinarie dieselmotorn nyttjas på övriga vägar. En elväg med skenor i marken testas mellan Arlandas fraktkterminal och Rosersbergs industriområde. Där laddas en batteridrivna distributionsbil under färd. Ytterligare demonstrationer och pilotanläggningar är på gång. Om man hade möjlighet att ladda sitt elfordon på ca 25% av de stora stråken skulle det principiellt räcka för att transportera över hela landet. Genom uppladdning under färd behövs mindre batterier än om de ska vara "fulltankade" från början. Uppladdning genom induktion är nästa steg.

Trafikverket har också fått ett Regeringsuppdrag, att genom informations- och kunskapshöjande åtgärder, bidra till att det av riksdagen beslutade klimatmålet, att växthusgasutsläppen från inrikes transporter exklusive inrikes luftfart ska minska med minst 70 procent senast år 2030 jämfört med 2010, nås, samt skapa förutsättningar för att Sverige har nettonollutsläpp senast år 2045.

För att få en ökad kapacitet, och underlätta samordningen med befintlig persontrafik, skulle det vara bra om godstågen kan hålla en högre hastighet. Det underlättar vid läggning av tidtabellen då stråken trafikeras av både gods- och persontrafik. Sandahlbolagen arbetar med en lösning där godstågen kan köra upp till 110 km/h. Det rör sig då om lättare gods än järnmalm.

Bränslen är en central fråga, särskilt utvecklingen av olika biodrivmedel, t.ex. talloljediesel som tillverkas i Piteå av rester från skogsindustrin.

En viktig fråga är att använda befintlig kapacitet bättre genom samverkan mellan olika aktörer, t.ex. att öka fyllnadsgraden för vagnarna som kommer med insatsvaror till industrin. Transporterna skulle kunna bokas via en app. Utvecklingen av digitala hjälpmedel som t.ex. appar innebär att operatörer får nya roller. Det kan också råda en viss sekretess för företagen kring vissa flöden, som behöver tas hänsyn till. Det pågår en förstudie kopplat till ett regeringsuppdrag som handlar om horisontell samverkan för öppen data. Trafikverket har ett uppdrag att arbeta med det, och undersöka hur ett system för informationsutbyte och samordning kan se ut och förvaltas med syfte att öka transporteffektiviteten. En första redovisning har skett i maj 2019. Genom den svenska godsstrategin som Regeringen presenterade 2018 finns en del effektiviseringsuppdrag, t.ex. horisontell samverkan, och en överflyttning av godstransporter från väg till järnväg och sjöfart.

Det omfattande EU-projektet "Shift2rail" arbetar utifrån ett helhetsperspektiv för att stärka och utveckla järnvägen i Europa. Det fokuserar på effektiv användning av befintlig kapacitet, bland annat hur vi kan använda längre och tyngre tåg, samt ökad automatisering och digitalisering.

3.4.3. Hinder och möjligheter för att utveckla ett framtida fossiloberoende transportsystem

Ett hinder, eller i alla fall en komplikation, är att ansvaret är fördelat på så många händer. Det är många aktörer som berörs och måste komma överens som påverkar inriktningen, allt ifrån biltillverkare, drivmedelsleverantörer, till användare. En fråga är t.ex. hur alternativa bränslen som HVO, DME, el m.fl. ska tillverkas och distribueras. Ett sätt är att lokala anläggningar serverar närområdet till 100 %, eller så distribueras bränslet ut för inblandning - lite till många istället. För elvägar finns många frågor att lösa, t.ex. om teknikval, vem som ska ansvara för laddningsutrustning, hur Trafikverket ska hantera stolpar som ska placeras i deras väg, eller vem ansvarar för anläggning av matarstationer för tillförsel av el till luftburna lösningar eller skenor i vägen. En nyckel skulle vara någon form av offentlig styrning för att stödja utvecklingen på ett tydligare sätt, kanske genom Energimyndigheten. Det faller också tillbaka på regering och riksdag, och vad EU tillåter. Det är oklart idag vem eller vilka som håller ihop och driver utvecklingen framåt. Satsningar som görs behöver ha en långsiktighet.

Utveckling av regelverk är en annan utmaning som behöver följa utvecklingen av transportsystemet. I det arbetet är Transportstyrelsen och Energimyndigheten nyckelaktörer.

Att skapa fungerande affärsmodeller vid införande av ny teknik och nya bränslen är ytterligare en utmaning. Var går gränsen mellan det offentligas ansvar och det privata, t.ex. i Norge tillhandahålls laddningsinfrastruktur genom upphandling där det inte är lönsamt.

Möjligheterna är också stora då det finns stort intresse från industrin för en omställning till fossilfrihet, infrastrukturministern säger att vi ska vara en permanent världsutställning för hållbara initiativ, och vi har skog och restprodukter här som kan användas till fossilfria bränslen. Det pågår också arbete med HCT (high capacity transport), dvs. längre och tyngre fordon som effektiviserar transporterna.

3.4.4. Vad är viktigast?

De viktigaste frågorna är samverkan för att:

- tydliggöra vilka åtgärder som ger störst effekt, och arbeta med dem.
- Utveckla förnybara bränslen
- skapa effektivare samordning av transporter

3.4.5. Vilka nyckelorganisationer berörs?

Det behövs en samverkan med aktörer från både näringsliv, offentlig sektor och akademi.

3.4.6. Vilken typ av energi tänker du/ni främst på när ni hör fossilfria transporter?

Det kommer att behövas flera alternativ, t.ex. skogsråvara, biodrivmedel, och el. Nu är det mycket fokus på el, men alla resurser är begränsade.

3.4.7. Finns det något annat du/ni vill ta upp som kan påskynda / hindra utvecklingen av ett framtida fossilberoende transportsystem?

I Trafikverkets omvärldsanalys från 2018 lyfts följande frågor som centrala för en omställning till fossilfria transporter i samhället:

”Vägval och kritiska frågeställningar

- Valet av styrmedel som riktar in sig på energieffektivisering, minskad andel fossil energi respektive minskad vägtrafik har stor betydelse för såväl skatteintäkter som transportkostnader. Bättre kunskap behövs om hur verksamma olika styrmedel är och deras samhällsekonomiska effektivitet.
- Minskningen av utsläppen från transportsektorn har till stor del skett tack vare en ökad andel biodrivmedel och en betydande andel av den är importerad. Den globala tillgången till biodrivmedel är i dagsläget begränsad, vilket betyder att andra länder kan ha svårt att följa Sveriges exempel och att det skulle uppstå brist i Sverige om även andra länder ökade användningen. Det finns därför starka skäl för att den inhemska produktionen av biodrivmedel bör öka.
- I den mån riktade styrmedel mot bil- och lastbilstrafik skulle medföra kraftigt höjda körkostnader, kan det påverka människors och gods totala rörlighet negativt. Även om människor väljer att gå, cykla och åka kollektivt kan det medföra att de förflyttar sig mindre. Vid en kraftig påverkan av biltrafiken är det sannolikt mycket kostsamt att erbjuda alternativa rese- och transportmöjligheter i en omfattning som kompenserar för detta fullt ut. Det finns även fördelningspolitiska risker om bilkörning enbart blir förbehållen de med höga inkomster.
- Vilka konsekvenser uppstår om utformningen av infrastrukturen anpassas till ett transportsystem som har ställt om för att nå klimatmålen och vad krävs för att infrastrukturens utformning ska bidra till omställningen?” (Trafikverket, 2018b, p.62)

Transportarbetet kommer att behöva minskas på sikt, prognosen mot 2040 pekar på en ökning.

4 Resultat litteraturstudie

I det här avsnittet presenteras resultat från den litteraturstudie som genomförts inom valda områden.

4.1. Avgiftsstruktur och incitament

Sverige

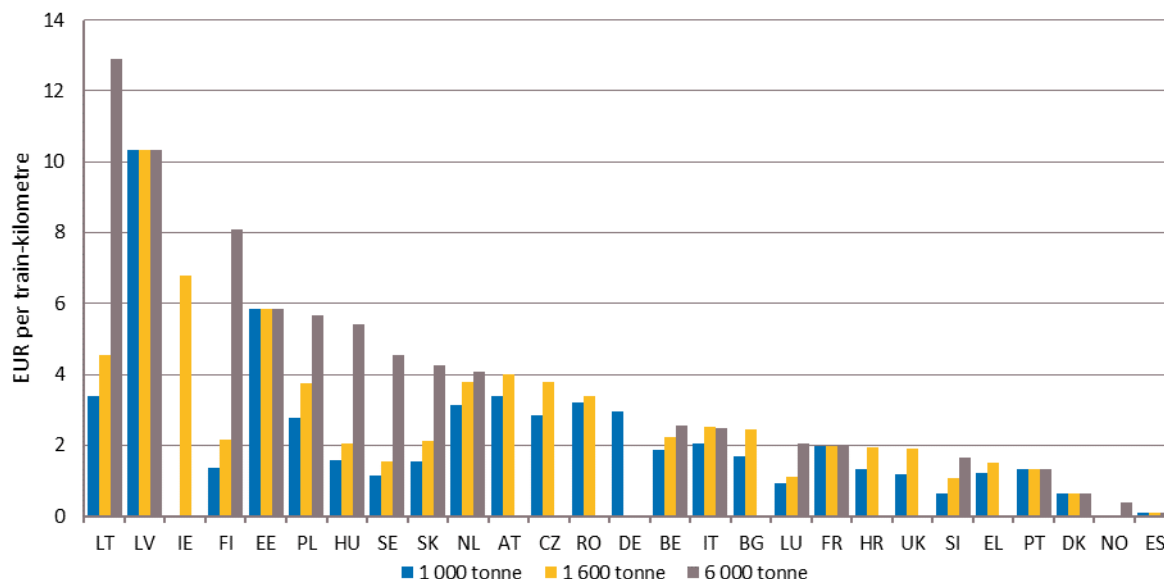
I den nationella godstransportstrategi som regeringen presenterade 2018 (Regeringskansliet, 2018) beskrivs skatter och avgifter som betalas av godstrafiken, sammantaget ca 11 miljarder kronor årligen. För lastbilstrafiken handlar det främst om skatt på drivmedel, fordonsskatt och vägavgifter. För godstågstrafiken är det främst banavgifter, medan sjöfarten betalar farledsavgifter, lotsavgifter samt hamnavgifter. Flyget betalar undervägsavgifter, terminalavgifter, samt start- och landningsavgifter. Det klargörs också att transporterna ska bära sina samhällsekonomiska kostnader.

I järnvägslagen (SFS 2004:519) finns bestämmelser om uttag av avgifter för användning av järnvägsinfrastrukturen. Avgifterna ska täcka de kostnader som uppstår som en direkt följd av trafiken. Trafikverket får enligt järnvägsförordningen (SFS 2004:526) ta ut dessa banavgifter. Kostnaderna består enligt svensk praxis av marginalkostnaderna, dvs. drift- och underhållskostnader samt reinvesteringskostnader (Trafikverket, 2017). Banavgifterna omfattar spåravgift, tåglägesavgift, emissionsavgift och passageavgift för vissa sträckor. Kostnadstäckningen för marginalkostnaderna uppgår enligt samma rapport för persontrafiken till ca 200% och för godstrafiken till ca 60% år 2017, och banavgifterna för godstransporterna förväntas därför fortsatt öka för att närma sig en kostnadstäckningsgrad av 100 % senast 2029. Enligt en sammanställning i rapporten har banavgifterna för både persontrafik och godstrafik ökat under 2014-2018.

Tabell 9. Utdrag ur tabell om banavgifter per typ av transport och sträcka, maximal transportvikt antas (Trafikverket, 2017).

Typ av transport	Sträcka	2014	2018
Malmtåg	Kiruna-Luleå	6 385 kr	12 210 kr
Systemtåg (stålpendel)	Boden-Borlänge	7 176 kr	11 250 kr
Snabbtåg, X2	Sthlm C - Göteborg	4 321 kr	5 616 kr

I ett EU-perspektiv har Sverige inte särskilt höga banavgifter. Det finns flera orsaker till att avgifterna ser olika ut mellan länderna. Infrastrukturens kvalitet och trafikmängder påverkar slitaget, men det är också olika hur mycket offentliga medel som kan användas för åtgärder (Trafikverket, 2017). Det nämns också i samma rapport att det i kommissionens rail market monitoring (RMMS)-undersökning angetts att de höga avgifterna i de baltiska staterna kan motiveras av att de tillåtna axellasterna där är högre.



Figur 1. Banavgifter för godståg med olika maximum gross tonnage i länder i EU, utan kostnadstillägg, DE med kostnadstillägg (European Commission, RMMS, 2018)

Klimateffekterna är betydligt högre för godstransporter med lastbil än med järnväg (Trafikverket, 2017). Den värdering av utsläpp av koldioxidekvivalenter som anges i rapporten ger ca 30 gånger högre klimatkostnader per tonkm för en tung lastbil med släp jämfört med ett godståg. Enligt samma rapport kan någon form av bonussystem eller stödåtgärd vara tänkbar för att stödja överföring av godstransporter från väg till järnväg, däremot måste banavgifterna höjas för att nå den lagstadgade nivån.

Trafikstyrelsen undersöker regelbundet godstransportköparnas syn på järnvägsmarknaden. I rapporten från 2017 (Trafikstyrelsen, 2017) lyfter godstransportköparna fram att järnvägstransporterna upplevs allt dyrare, och att gods snarare flyttas från järnväg till väg än tvärtom.

Ändå visar redovisningen av det regeringsuppdrag som gavs till Trafikanalys om ett kunskapsunderlag om skatter och avgifter inom transportsektorn (Trafikanalys, 2018) att om skatter, avgifter och stöd summeras för respektive transportslag betalar i genomsnitt en tung lastbil utan släp 38 öre/tonkm, lastbil med släp 15 öre/tonkm, godståg 2,5 öre /tonkm och sjöfart 0 öre/tonkm. Då ingår både så kallade rörliga skatter och avgifter (energi- och koldioxidskatt på vägtrafik, ban- och sjöfartsavgifter) och fasta skatter och avgifter (fordonsskatt, försäkringsskatt, Eurovinjett, transportbidrag, sjöfartsstöd och Transsportstyrelsens avgifter). Den rörliga delen är den större posten. Det konstateras i samma rapport att internaliseringen av marginalkostnaderna är för låg för godståg, lastbilar, och dieslbilar i tätort, vilket inte är bra för en samhällsekonomisk effektivitet, förutsatt att kostnaderna för de externa effekterna är korrekt värderade. Det noteras också i rapporten styrmedel borde ge liknande incitament för olika sätt att minska utsläpp. Idag är drivmedelsskatten olika per kg CO2 för olika fossila bränslen.

I den nationella godsstrategin (Regeringskansliet, 2018) anges ett flertal åtgärder för att stödja godstransporter med järnväg och sjöfart. En miljökompensation för godstransporter på järnväg infördes 2018-2019, som ska utvärderas för eventuell fortsättning. Kompensationen, totalt 389 mkr, baseras på antal transporterade tonkm och kan sökas av godstågsoperatörer (Trafikanalys,

2019). Kompensationen ska medföra ett lägre pris för transportköparen. En annan åtgärd är en tillfällig eko-bonus, för att minska merkostnaden för sjötransportupplägg, som infördes 2018-2020 i Sverige riktat till redare, med en budget på 50 mkr årligen (Regeringskansliet, 2018; Trafikanalys, 2019). Regeringen ställer sig också positiv till mer miljöstyrande avgifter genom ökad differentiering där så är lämpligt (Regeringskansliet, 2018). Inom ramen för den nationella godsstrategin har flera regeringsuppdrag delats ut. I ett av dessa regeringsuppdrag har Trafikanalys analyserat hur intermodala godstransporter kan främjas.

Ett huvudsakligt förslag från Trafikanalys arbete innebär en så kallad "breddad ekobonus", som ska stimulera överflyttning av transporter till intermodala järnvägs- och sjöfartstransporter och därmed bidra till miljöförbättringar (Trafikanalys, 2019). Beräkningar i rapporten visar att omlastningskostnaderna är betydande i relation till hela transportkostnaden, särskilt avseende järnväg och sjöfart. Den breddade ekobonusen förslås kunna ges till nya eller utvecklade transportupplägg, med ett trafikslagsövergripande perspektiv till fler typer av åtgärder, och till fler aktörer, än befintliga kompensationsåtgärder. Stödet föreslås inte ges direkt till transportköpare, men villkoras så att det kommer dem till del. Stödet förslås vidare riktas mot investeringar. Investeringar i terminalinfrastruktur och effektivare utrustning för lastning och lossning förväntas bidra till minskade omlastningskostnader. Ny teknik, med en utveckling mot ökad automatisering, bedöms stärka produktiviteten och sjöfartens konkurrenskraft, både i ett kort- och långsiktigt perspektiv. Möjligheten till ekobonus skulle kunna öka förnyelsetakten. Stöd till driftskostnader antas ge ökad risk för snedvridning av konkurrens. Förslaget har också tagit hänsyn till EU:s regelverk för statsstöd.

Som underlag för förslaget gjordes en genomgång av ett antal ärenden där Kommissionen beviljat beslut om statsstöd för överflyttning av gods i EU (Trafikanalys, 2019). Några exempel som redovisas är:

- I Belgien finns ett stödprogram för att samla ihop vägtransporter i uppsamlingsterminaler för fortsatt transport med järnväg och sjöfart. Stödet riktas till järnvägsföretag och terminaloperatörer. Programmet omfattar 70 miljoner euro under 2019-2023, och betalas ut per tåg eller container.
- I Polen utgår stöd till ett projekt för att utveckla intermodala terminaler i bland annat hamnar 2014-2020. Stödnivån är 50%.
- I Österrike finns ett innovationsfrämjande program för intermodala transporter där transportföretag kan söka medel till utrustning för godshantering, upphandling av teknik och system, studier mm. Budgeten 2015-2020 är 18 miljoner euro, med en stödnivå på 30-50%.
- I Frankrike finns ett stöd för intermodala transporter per omlastad enhet, stödmottagare är transportörer och de ingår ett avtal med staten. Under 2013-2017 var budgeten 140 miljoner euro.
- I Bolzanoprovinsen kan organisatörer av multimodala transporter och järnvägsföretag få stöd för transport över Alperna med järnväg istället för väg. Stödet under 2017-2019 ger ca 4,4-5,6 öre per tonkm.
- I Storbritannien kan stöd utgå till investering i godsanläggningar och utrustning för godshantering. Det senaste beslutet 2018-2023 omfattar 24 miljoner pund. Stödnivån är upp till 50 %.

Liknande initiativ finns i Tyskland och Danmark. De flesta initiativ har inte utvärderats, men där en utvärdering finns tyder det på att en överflyttning av gods från väg till andra transportslag har skett i olika utsträckning. Det finns inga exempel i den här kartläggningen på av kommissionen godkända stöd som går direkt till transportköpare. I Trafikanalys (2019) rapport beskrivs att det kan finnas svårigheter att ge stöd till transportköpare, "det kan emellertid vara svårt att på ett entydigt och rättssäkert sätt utforma ett stöd till en bred och förhållandevis svärdefinierad krets av mottagare som köpare av transporter torde utgöra" (Trafikanalys, 2019 s. 93)

Andra länder

Yang, McCollum et al. (2009) undersökte hur Kalifornien kan minska utsläppen av växthusgaser från transport år 2050 till 80 % nivå jämfört med 1990. Varje transportundersektor analyserades för att identifiera begränsningsalternativ, och scenariosanalys används för hur målet kan uppnås. Morrow, Gallagher et al. (2010) befattar sig också med analysen av policyer för att minska oljeförbrukningen och växthusgasutsläppen från den amerikanska transportsektorn. De analyserar bränsleskatter, fortsatta höjningar av standarder för bränsleekonomi, köpeskatt för nya fordonsinköp samt effekterna av att kombinera dessa policyer. De drog slutsatsen att alla politiska scenarier inte uppfyllde målet att minska växthusgasutsläppen med 14% under nivån 2005 till år 2020.

Agrawal, Dill & Nixon (2010) undersökte allmänhetens preferenser i Kalifornien med avseende på gröna transportskatter och avgifter. De analyserade de undersökta uppgifterna för möjlig identifiering av undergrupper som särskilt kan stödja eller motsätta sig dessa skatter. De fann minst 50% stöd för gröna skatter och avgifter i de flesta befolkningsundergrupper.

Ibanez & McCalley (2011) utvecklade en optimeringsram för att undersöka långsiktiga investeringsportföljer för transport- och elsektorn i USA till 2050. Deras tillvägagångssätt möjliggör användning av mätvärden för att utvärdera hållbarhet och elasticitet och bättre karakterisera de mål som systemet måste uppfylla. Andress, Nguyen & Das (2011) studerade reduktionspotentialen för växthusgasutsläpp som kan uppnås år 2060 i den amerikanska transportsektorn genom flera alternativ inklusive biobränslen, HEV, plug-in hybridelektriska fordon (PHEV) och elektriska bränslecellfordon (FCEV). Trappey et al (2012) diskuterade ett fall av Taiwans gröna transportpolitik där Penghu Island valdes ut som testplattform för att utvärdera nya sätt att spara energi och minska koldioxidutsläppen innan de försökte genomföra en sådan politik för hela landet. Zhou (2012) granskade förslag, policyer och program sedan 2000 i USA i olika försök att uppnå hållbar transport i landet. En jämförelse med liknande ansträngningar i Storbritannien och Kanada genomfördes och de drog slutsatsen att USA har utfört mer forskning om hållbara transporter än referensländerna, även om den amerikanska regeringen är mindre aggressiv när det gäller marknadsföring och implementering av hållbar transport.

Jones (2012) undersökte behovet av samordning mellan flera sektorer för att uppnå hållbar transport. Han drog slutsatsen att för att uppnå synergier mellan sektorerna måste varje sektor hållas ansvarig för alla koldioxidutsläpp som är förknippade med dess verksamhet, regeringen måste anta verksamheten inom sektorerna och en gemensam utvärderingsmetod för alla sektorer måste utvecklas för att utvärdera hela politikens effekter.

McCalley, Krishnan, et al (2013) identifierade som en nyckelprioritering transformeringen av den elektriska produktionssektorn genom att ersätta fossileldad produktion med vind-, sol-, kärn-, geotermisk eller "ren" kol och eventuellt ersätta en viss koleldad produktion med produktion av naturgasdrift för att USA ska uppnå hållbarhetsmålen. Kadlubek (2015) relaterade den teoretiska aspekten av hållbar transport till flera praktiska exempel inom EU. Den specialutgåva som redigerats av Li, Harvey och Huang (2015), tillägnad hållbara transportsystem, fokuserar på frågor om teknik och politik. Balsas (2015) identifierade hållbar transportplanering som en ny akademisk specialisering i USA.

Ibanez, Lavrenz, et al. (2016) presenterade en optimeringsram genom att utveckla modelleringsmöjligheter för att utföra långsiktig design av elektrisk- och transportinfrastruktur på nationell nivå och redogöra för deras beroende av varandra. Askin, Barter et al. (2015) presenterade en parametrisk analys av teknik- och policyutbyten som kan påverka framtidens tunga fordon i USA. Deras analys fokuserar på konkurrensen mellan traditionella lastbilar, naturgasfordon (NGV) och ultraeffektiva eltåg. De drar slutsatsen att den största effekten för att

minska oljeförbrukningen och utsläppen av föroreningar är genom att investera i teknik som gynnar eltåg, särskilt för de konventionella dieslarna som utgör huvuddelen av beståndet istället för att ge incitament för specifika alternativ. Santos (2017) anser å andra sidan att Parisavtalet, som binder länderna till minskade utsläppen av växthusgaser, undanröjer hindret för ett bristande globalt rättsligt bindande avtal, och att den politik som genomför miljöskatter och subventioner vilka ändrar de relativa kostnaderna för rena alternativ, kombinerad med politik för investeringar i ren infrastruktur och reglering kan avkarbonisera transportsektorn.

Stanlet, Ellison, Loader & Hensher (2018) studerar Australiens politik för att minska utsläppen av växthusgaser. De föreslår mål för förbättrade utsläpp för att föra Australien närmare USA: s och EU: s förväntade resultat. Tester utfördes i Melbourne och Sydney. De drog slutsatsen att med tillräcklig politisk vilja skulle Australien kunna minska sina transportutsläpp år 2030 till 40% under 2005 års nivåer. Jeffrey, Gravess & Roth (2018) utvärderar effekten av miljöskatter på fordonsbränsleanvändning och minskning av utsläpp i Australien. Stephenson, Spector, Hopkins & McCarthy (2018) studerar Nya Zeelands hållbara transportframtid. Mulholland, Teter, et al (2018) överväger policyeffekter inklusive bestämmelser om bränsleekonomi, kolskatter på transportbränslen, hållbara investeringar i ultra-låg och noll-kol infrastruktur, etc. för att avkarbonisera långa godstransporter till 2050.

För att tillämpa begreppet hållbar transport är det nödvändigt att kunna mäta transportens hållbarhetsnivå för ett visst territorium. Detta är emellertid en fråga som inte är väl definierad eftersom hållbar transport omfattar miljömässiga, sociala och ekonomiska dimensioner som är sammansatta av flera olika underavdelningar. Således krävs prestandamätningar och indikatorer för att hantera alla hållbarhetsdimensioner och underavdelningar. Många publikationer tar upp frågan om att identifiera och välja hållbara transportindikatorer. Castillo & Pitfield (2010) utvecklar en metodisk ram som kallas Evaluative and Logical Approach to Sustainable Transport Indicator Compilation (ELASTIC) för att identifiera och välja en liten del av hållbara transportindikatorer och tillämpa den på de engelska regionerna i Storbritannien. Awasthi & Chauhan (2011) föreslår en hybridstrategi baserad på analytisk hierarki-process (AHP) och Dempster-Shafer-teorin för att utvärdera påverkan på hållbarhet genom att uppskatta ett Transport Sustainability Index (TSI). Jeon, Amekudzi & Guensler (2013) granskar metodologier som kan tillämpas i hållbarhetsbedömning i transportplanering och identifierar prestationsåtgärder baserade på hållbarhetsfrågor och regionala mål samt utvärderar föreslagna transport- och markanvändningsalternativ. Deras studie handlar om Atlanta-regionen i USA. Shiao & Liu (2013) föreslår ett indikatorsystem för att mäta och övervaka transportens hållbarhet på land, region eller stadsnivå.

Sammanfattningsvis kan följande slutsatser dras från den undersökta litteraturen om andra länder:

- Internationella studier visar att allmänheten accepterar gröna transportskatter och avgifter.
- Köpskatteskatter för inköp av nya fordon är dyra och ineffektiva för att minska utsläppen om de tillämpas ensamma, medan ökning av körkostnaderna har de största minskningarna av växthusutsläpp.
- En samordnad politisk strategi som samtidigt uppmuntrar inköp av fordon som drivs med fossilfria bränslen och byggande av nödvändig bränsleinfrastruktur är den mest effektiva metoden för att minska växthusutsläpp.
- Begränsningar i biomassaförsörjningen tillåter inte större minskning av koldioxidutsläpp från enbart biobränsle. Biomassans värde ligger i att det kan kombineras med andra lösningar för att uppnå betydande resultat.
- Politiska ansträngningar bör omfatta förordningar om bränsleekonomi, koldioxidskatter på transportbränslen, differentierad distansbaserad prissättning, undantag i fordonsvikter och dimensionsgränser, hållbara investeringar i ultra-låg och noll-kol infrastruktur samt forskning och utveckling.

- Stora icke-transportsektorer påverkar resebeteendet och godsefterfrågan. Därför är en tvärsektorieell regeringspolitik nödvändig såväl som en sektorsöverskridande metodik för att bedöma de politiska effekterna.
- Ett konsekvent och integrerat engagemang krävs på alla nivåer av styrning och i alla delar av transportsystemet.
- Utformning av metoder för prestationsutvärdering och mätningar och för utveckling av prestationsindikatorer krävs för att utvärdera, mäta och övervaka transportens hållbarhet på land, region eller stadsnivå och för att hantera alla hållbarhetsdimensioner och deras underavdelningar.

4.2. Längre och tyngre fordon

Sverige

I den nationella godsstrategin beskrivs längre och tyngre fordon som en viktig åtgärd för mer effektiva transporter och en stärkt konkurrenskraft för näringslivet (Regeringskansliet, 2018). I strategin anges att viktiga stråk för gods på järnväg ska kunna trafikeras av 750 m långa tåg i ett första steg och 1000 m långa tåg på sikt. Vidare ska åtgärder genomföras för att höja största tillåten axellast på betydelsefulla banor till STAX 25 ton, och för Malmbanan STAX 32,5 ton. Den nationella godsstrategin lyfter också fram behov av fortsatt analys kring möjlighet att tillåta 74 tons lastbilar på en större del av vägnätet, med fokus på strategiska stråk, särskilt med koppling till hamnar eller kombiterminaler.

Regeringen gav Trafikverket i uppdrag att analysera om och var längre lastbilar bör tillåtas på det svenska vägnätet, och Trafikverket konstaterar i en analys (Trafikverket, 2019c) att 450 mil väg kan öppnas för upp till 34,5 m långa lastbilar fram till 2025. Stora delar kan enligt samma rapport öppnas inom något år, medan åtgärder i storleksordningen 150 miljoner behövs för hela det föreslagna vägnätet, vilket anges medföra att koldioxidutsläppen minskar med 4-6 %.

I Trafikverkets nationella plan 2018-2029 finns 2 miljarder kronor avsatta till åtgärder för längre, tyngre och större tåg, och arbetet för att omsätta dessa åtgärder i praktiken fortgår enligt Trafikverket (2018c) i projektform med både administrativa och fysiska åtgärder, där tyngdpunkten för de fysiska åtgärderna ligger i den senare delen av planen. Under 2018 öppnades de första statliga sträckorna för lastbilar med BK4 (bärighetsklass 4), vilket innebär en maxvikt på 74 bruttoton (Trafikverket, 2019b). Trafikverket anger vidare att målet på sikt är att upplåta hela vägnätet med BK1 (max 64 tons bruttovikt) standard för BK4, vilket innebär ca 95% av det statliga vägnätet. Vid slutet av 2019 väntas ca en femtedel av det allmänna vägnätet ha BK4 standard.

Andra länder

Ett sätt att möta den ständigt ökande efterfrågan på transporter och mildra dess miljöpåverkan när det gäller koldioxidutsläpp skulle ha varit införandet av längre och tyngre fordon för att öka lastkapaciteten i hopp om att uppnå en bättre transporteffektivitet per ton kilometer på lägre kostnader och mindre miljöpåverkan. Fördelar och nackdelar med sådana fordon av hög kapacitet (high-capacity vehicles, HCV) diskuteras ända sedan idén infördes (se t.ex. Sanchez Rodrigues et al. 2015). Peer-granskade vetenskapliga studier på HCV är ganska begränsade och behandlar främst effektivitet och, i mycket mindre grad, säkerhet. En viktig aspekt, alternativa bränslen, behandlas inte särskilt. Vi presenterar därför här en kort genomgång av den internationella bibliografin om ämnet och även om försök och studier som syftar till att förstå och mildra miljöpåverkan av tunga fordon genom införandet av alternativa bränslen.

Observera att det inte finns en fast, gemensam HCV-definition som antas av alla användare. Dessutom kan terminologin variera. Vanligtvis är Megatrucks och Längre tyngre fordon (Longer Heavier Vehicles, LHV) också termer som används. Termen avser även lastbilar i olika storlekar baserat på de olika baslinjerna från vilka vikt och / eller längd ökas i olika länder. Allt detta omfattas av termen högkapacitetstransporter (HCT).

Flera EU-länder, inklusive Österrike, Belgien, Danmark, Finland, Tyskland, Nederländerna, Spanien, Sverige och Storbritannien, med utgång från resultat och förslag från bl.a. Steer et al. (2013) genomförde försök med tyngre lastbilar än tillåtet vid den tiden (Transport and Environment, 2013). Medan Finland i en snabb bedömning beslutade att tillåta HCV, beslutade Österrike, Schweiz och Storbritannien mot ett sådant införande. I själva verket nekade Storbritannien ansökningarna om försök med HCV så tidigt som 2005 (Knight et al. 2008). I oktober 2013 blev Finland det första EU-landet som tillät HCV, det vill säga fordon 25,25 m långa och upp till 76 ton, på hela vägnätet förutom på vissa utsedda broar. Sverige har tillåtit tyngre och längre lastbilar än de flesta EU-länder. Den maximala bruttovikten har ökat från 60 till 64 ton, medan den maximala längden behövs på 25,25 m. Den svenska regeringen har också beslutat att på utvalda delar av det allmänna vägnätet tillåta lastbilar med en maximal bruttovikt på 74 ton under 2018 utan att ändra längdbegränsningen. Dessutom testas HCV med en längd av 34 m och en bruttovikt på 74 ton i Sverige (Pålsson et al, 2017 & Pålsson och Sternberg, 2018). Sedan den 1a januari 2017 är de kontroversiella "gigantiska" lastbilarna i Tyskland, så kallade gigaliners eller, på tyska, Lang-Lkw, i regelbunden drift. De är mer än 25 meter långa och väger upp till 44 ton, medan konventionella lastbilar med släpvagnar har en längd på upp till 18,75 meter och kan lastas upp till 40 ton. De är endast tillåtna på vissa vägar. Vägnätet, där jätte lastbilar får köra i Tyskland, har nu en längd på mer än 11 600 kilometer. Sjuttio procent av vägarna är motorvägar, men många federala och till och med provinsiella och kommunala vägar släpps nu för de stora lastbilarna (Allianz, 2019).

I resten av världen, dvs Australien, Nya Zeeland, Sydafrika, Kanada, USA och länder i Sydamerika, såsom Brasilien, används HCV: er i olika omfattning. När det gäller införandet av HCV-lösningen kan infrastruktur erbjuda stora hinder och kan kräva tunga investeringar som i exempelvis USA och Tyskland (McKinnon 2005, 2012 & Allianz, 2019). Andra HCV-nackdelar som tas upp i denna debatt är miljöpåverkan och trafiksäkerhet. Tyska gigaliners anses vara en säkerhetsrisk i trafiken och också skadliga för miljön, eftersom de kan bidra till förflyttningen (mode shift) av transporter från den miljövänliga järnvägen tillbaka till vägen (Allianz, 2019). Å andra sidan, drar Castillo-Manzano et al. (2016) slutsatsen att HCV ökar varken olyckor eller dödsolyckor. En anledning till så långt olika och faktiskt motsatta slutsatser anses vara det lilla antalet deltagande fordon i studierna (Allianz, 2019).

Knight et al (2008) utförde en studie om de troliga effekterna från införandet av en HCV-lösning i Storbritannien. De övervägde flera viktiga parametrar, inklusive potentiella efterfrågan på HCV-operationer, ekonomisk effektivitet för sådana operationer, effekt på andra transportsätt av gods, effekt på trafiksäkerheten, miljöpåverkan, effekter på infrastruktur och effekter på förare. De drar slutsatsen att genom att ha tillåtit en ökning från 41 till 44 ton finns det bevis som tyder på att en minskning av fordonskilometer, godstransportkostnader och koldioxid har uppnåtts jämfört med vad som annars skulle ha varit. I Sverige har den tidigare viktförändringen från 51,4 till 60 ton lett till ungefärlig 20% kostnadsminskning per ton kilometer (Pålsson et al. 2017). Vierth et al (2008) antyder att kostnaden per lastbil beräknas minska 5-12% i de olika varugrupperna och antalet lastbilar med 35-50% vid införandet av en HCV lösning. I genomsnitt krävs 1,37 lastbilar med maximal EU-storlek för att ersätta en lastbil med maximal svensk storlek. De uppskattar dock också att kostnaden för transport med lastbil ökar med 24%.

EU: s transportsektor är ännu inte hållbar i flera aspekter. 2011 var det 97% beroende av fossilt bränsle (ERTRAC, 2011). Införandet av HCV-lösningen kan till viss del mildra utsläppet av växthusgaser och koldioxid, men för en drastisk minskning eller till och med eliminering av sådana utsläpp bör HCV-lösningen kombineras med ytterligare åtgärder, inklusive alternativ bränsle. Varje HCV med konventionell motor resulterar i själva verket i mer utsläpp, högre bränsleförbrukning, högre energianvändning och högre kostnad per fordonskilometer jämfört med konventionell lastbil (Christidis & Leduc, 2009; Honer & Aarts, 2011). Det är genom minskning av lastbilar på vägen som konsekvens av HCV: s högre kapacitet som en minskning av utsläppen per ton kilometer förväntas (Leach och Savage, 2012). En granskning av teknologier med låga koldioxidutsläpp för godstransportfordon ges av Baker et al. (2009). Den nödvändiga infrastrukturen för gröna fordon diskuteras i ERTRAC (2012).

Poulikakos, Heutschi och Soltic (2013) utför en studie om miljöpåverkan av tunga fordon, inte bara med avseende på föroreningar, utan också med avseende på andra parametrar i en holistiskt synsätt. Deras resultat visar att ett miljövänligt fordon med avseende på föroreningar inte nödvändigtvis är miljövänligt när deras bullerutsläpp beaktas. Således föreslår de en holistisk modell för att bedöma ett fordon totala miljöpåverkan. Zamboni et al (2013) och Zamboni, Andre et al. (2015) undersöker experimentellt utsläpp och bränsleförbrukning av tunga fordon i stads- och hamnområden. Laroo, Schenk et al. (2012) beräknar utsläpp från äldre tunga dieselmotorer på väg. Lin, Liu Chen & Wu (2010) överväger ett nytt alternativt paraffin-palmbiodieselsbränsle för att minska vissa typer av utsläpp från tunga dieselmotorer. Graham, Rideout et al. (2008) sammanfattar växthusgasutsläppsberäkningar som genomförs i Kanada för tunga fordon.

Effekterna av biodiesel på motorns prestanda granskas av Dwivedi, Jain & Sharma (2011). En total bränslecykelanalys av tunga fordon med biodrivmedel och naturgasbaserade alternativa bränslen utförs av Meyer, Green et al. (2011).

För att spara bränsle och därmed minska utsläppen av växthusgaser eftermonteras dragreducerande konstruktioner på tunga fordon. Mohamed-Kassim & Filippone (2010) undersöker i en studie hur dessa areodynamiska enheter fungerar. Rapporten från AECOM (2016) undersöker miljökorning för tunga fordon och dess effekt på växthusutsläppen. En översikt av modellerna för bränsleförbrukning för miljökorning ges av Zhou et al. (2016).

Växthusgas (Green House Gas GHG) -analys av LNG som tungt fordonsbränsle i Europa utförs av Arteconi, Brandoni, Evangelista & Polonara (2010). LNG kontra diesel med avseende på prestanda och utsläpp av tung motor är också undersökt av Cheekachorn et al (2013). Effekterna av LNG på tunga dieselmotorer undersöks av Cheekachorn et al (2013). Arteconi & Polonara (2013) har tagit hänsyn till leveranssvårigheterna av LNG i det italienska fallet.

Naturgas som bränsle för tunga fordon i Kina granskas av Hao, Liu, Zhao & Li (2016). Grigoratos et al (2016) studerar gasutsläppen från en prototyp tung gasmotor. Osorio-Tejada et al (2017) undersöker eventuellt antagande av LNG som bränsle för godstransport på vägarna i EU, och särskilt i Spanien, samtidigt som de tar hänsyn till installationen av nya LNG-terminaler.

Quiros, Smith et al. (2017) experimentellt undersöker och utför en jämförande studie av gasutsläppen från tunga lastbilar på väg under godstransport såväl med naturgas som med konventionell dieselbränsle. LNG som bränsle för tunga lastbilar analyseras också av Smajla, Sedlar et al (2019) både med avseende på ekonomiska och ekologiska aspekter. De drar slutsatsen att LNG har många fördelar jämfört med konventionella bränslen, inklusive minskning av koldioxidutsläppen, och att de högre initiala investeringarna kan amorteras under LNG-

lastbilens livstid. Li, Li, Yu & Bao (2017) anser också LNG utgör ett livskraftigt alternativ till det konventionella bränslet både ur ekonomisk och miljömässig synvinkel och utvecklar en optimeringsmetod för att minimera kostnader och markanvändning för lokalisering och konstruktion av LNG-tankstationer i syftet att möta framtida efterfrågan i Shenzhen, Kina.

Väte framkom också som ett möjligt transportbränsle, som kan adressera hållbar energiförsörjning och miljöproblem. En viktig barriär är dock utvecklingen av ett infrastruktursystem. Meyer & Winbrake (2009) tar upp detta problem. Vätberikad komprimerad naturgas som alternativt bränsle studeras experimentellt med avseende på motorprestanda och emissionskaraktistika av Hora & Agarwal (2015).

Moreno-Benito, Agnolucci & Papageorgiou (2017) påstår att vätgasefterfrågan förväntas nå 50% av marknadsandelen senast 2070 i Storbritannien och de utvecklar en optimeringsmodell som kombinerar infrastrukturselement som krävs genom de olika faserna av övergången. Park, Kim & Lee (2011) presenterar en marknadspenetrationsmodell för fordon med bränslecellar i Korea som tar hänsyn till behovet av infrastruktur. Införandet av vätgasfordon i ett historiskt perspektiv och i jämförelse med andra alternativa bränslefordon studeras av McDowall (2015).

Två teknologier, utvecklade av fordonsindustrin, som man hoppades kunna uppfylla kraven på miljö- och hälsoskydd var det hybridelektriska fordonet (HEV) och bränslecellfordonet (FCV). Uppsatsen av Emadi & Williamson (2004) diskuterar dessa två teknologier i jämförelse med varandra och deras möjliga antagande i USA. Plug-in elektriska och hybridfordon (HEV, P-HEV) har en lång historia och har blivit ett allt mer livskraftiga alternativ eftersom den initialt dåliga varaktigheten hos de elektriska batterierna och den långa laddningstiden mildras av teknologiska framsteg. Alternativa batteriteknologier för ett elektriskt fordon med solstöd, t.ex. en traktor, utvärderas av Mousazadeh, Keyhani, et al (2010). Moreda, Munoz-Garcia & Barreiro (2016) beaktar högspänningselektrifiering av tunga fordon, såsom jordbruksmaskiner och traktorer.

Elbilarnas konkurrenskraft beaktas av Davis & Figliozzi (2013) och en modell utvecklas som integrerar ruttbegränsningar, hastighetsprofiler, energiförbrukning och fordonsägarkostnader. Marknadspenetreringen för hybridelektriskt fordon (HEV) beaktas av Lee, Kim & Shin (2016) och en modell utvecklas och tillämpas på Korea.

Lajunen (2014) analyserar bränsleekonomin för tunga hybridfordon och konventionella fordon. Gao, Smith et al. (2015) studerar implementeringen av avancerad energihanteringsteknologi i både konventionella och hybrid 8-truckar för bränslebesparing. Tekniken som beaktats har riktat sig till 21st Century Truck Partnership mellan energidepartementet och industrin i USA.

Xu, Guo & Yang (2018) utför en jämförande studie av olika hybridelektriska drivarkitekturer för tunga lastbilar med avseende på bränsleförbrukning och batterikostnader baserade på Chinese-World Transient Vehicle Cycle (C-WTVC).

Potentialen för elektriska tunga lastbilar påverkas av de nationella och sektoriella skillnaderna i transportverksamheten. Liimatainen, van Vliet och Aplyn (2019) utvecklar en metod för att uppskatta en sådan potential för fallet Schweiz och Finland.

Tillgänglig litteratur om längre och tyngre fordon lägger särskild tonvikt på fem faktorer: energieffektivitet, CO₂-utsläpp, kostnader, säkerhet och infrastruktur (Rodrigues et al 2015). Sedan Finland tillät högkapacitetstransporter (HCT) fritt redan i oktober 2013 har flera empiriska studier genomförts av effekterna av ett sådant införande med avseende på dessa faktorer. Liimatainen & Nykänen (2017) rapporterar att under perioden oktober 2013 till slutet av 2015

sparades totalt 88 miljoner kilometer vilket resulterade i en 3% besparing av den totala körsträckan i Finland, en kostnadsbesparing på cirka 58 miljoner euro 2015 och cirka på 0,07 Mt CO₂ utsläpp. Jämfört med deras uppskattning före förändring (Nykänen & Liimatainen, 2014) var besparingarna mindre än hälften. Lastbilar med hög kapacitet används särskilt som timmerbilar i Finland, vilka i genomsnitt utför en resa på 100 km mellan skog och järnvägsterminal eller skog och fabrik, men också för att transportera grus, bränsle, kemikalier etc. Palander & Kärhä (2017) undersökte hur den maximala fordonsvikten påverkar roundwood-transporten i Finland. De fann att km-minskningen av drifttrafik var 12,5% med en långsiktig prognos på 26,6% för en maximal fordonsvikt på 76 ton. De övergripande rapporterna hittills är mycket positiva när det gäller trafiksäkerhet, ökade transportprestanda och koldioxidminskningar även om ytterligare undersökningar är nödvändiga (Lahti, 2017 & Haataja, 2017). Finlands logistiska konkurrenskraft anses ha ökat avsevärt på grund av lastbilar med hög kapacitet (Mannisto, 2019). Enligt en ny rapport (ACEA, 2019) visar erfarenheter från länder som redan använder fordon med hög kapacitet liknande positiva resultat, och koldioxidminskningar har bekräftats i praktiken och rapporterats i enlighet med Europeiska kommissionens förordning om övervakning och rapportering av koldioxidutsläpp och bränsle konsumtion av tunga fordon (ACEA, 2017). Finlands trafiksäkerhetsbyrå har till och med utfört tillstånd för att testa ännu större HCT-fordon, och cirka 50 sådana piloter är redan på gång. Ingen försämring av trafiksäkerheten rapporteras på grund av dessa HCT-piloter. Det finns dock ett behov av att stärka vägar och broar samt att förbättra samarbetet mellan vägmyndigheter och polisen (Mannisto, 2019). European Automobile Manufacturers 'Association (ACEA) efterlyser en politisk ram som stödjer ett EU-omfattande transportsystem med hög kapacitet. Detta skulle göra det möjligt för HCT-lastbilar att bära dubbelt så mycket gods som vanliga lastbilar och att resa på dedikerade delar av EU: s vägnät (ACEA, 2019).

Även om empiriska studier hittills, särskilt från Finland, är totalt sett positiva, kräver införandet av fordon med hög kapacitet fortfarande ytterligare studier med avseende på flera aspekter, t.ex.

- fördelar och kostnader för samhället, t.ex. investeringar i infrastruktur kontra samhällsliga vinster,
- vägsäkerhet,
- fordonskonfiguration (c.f. ATA, 2016),
- optimerat nyttjande genom konsolidering av transporter,
- bränsletyp,
- oro för att intermodala transporter hotas (c.f. Meers et al. 2018),
- prestationsbaserade studier,
- EU: s politik, t.ex. harmonisering mellan EU-länderna.

4.3. Automatisering bulktransporter i hamn

Sverige

Ökad automatisering av godstransporter utgör enligt den nationella godsstrategin en del av framtiden, för mer effektiva transporter (Regeringskansliet, 2018). Planering av transporter beskrivs bli mer precis, vilket leder till jämnare flöden, mindre resursförbrukning, och minskade kostnader bland annat för omlastning. Kapaciteten i systemet förväntas öka och intermodaliteten stärkas. För sjöfarten anges att utvecklingen går mot en ökad automatisering, och att vissa typer av transporter i ett längre perspektiv skulle kunna vara

helt obemannade. Ett av de pågående regeringsuppdrag som formulerats i samband med godstransportstrategin handlar om att främja intermodala järnvägstransporter, innefattande spridning av kunskap om automatiserad omlastning och liknande teknik och hur användning av detta kan öka. Ett annat pågående regeringsuppdrag omfattar en kartläggning av möjliga åtgärder för att stödja en överflyttning av gods till sjöfart och järnväg.

Enligt den färdplan för ett uppkopplat och automatiserat vägtransportsystem som tagits fram av Trafikverket finns det flera aspekter som påverkar genomslagstakten för automatisering av godstransporterna (Trafikverket, 2019a). Strategin pekar på att även om ökad effektivitet och minskade kostnader driver på en automatisering av godstransporter, finns det samtidigt andra aspekter som skapar osäkerhet. I strategin hänvisas till McKinsey (2019) som beskriver osäkerhet kring bland annat vilken teknologi som kommer att bli allmänt använd, anskaffande av ny utrustning, olika tidshorisonter för kontrakt för transporttjänster kontra de långa åtaganden som kommer med investering för automatisering.

Andra länder

Intresset för grön sjöfart och grön hamnverksamhet är enormt och har resulterat i en enorm akademisk bibliografi som emellertid främst handlar om effektiviteten hos containerterminaler, elkraft vid stranden och förnybar energi, autonoma fordon i och automatisering av container terminaler. Till och med dagspressen rapporterar främst om automatisering av containerterminaler. I synnerhet har den helautomatiserade Port Qingdao i Shandong, Kina, och världens största automatiserade containerterminal i Shanghai lockat till sig betydande publicering, den första på grund av dess rekord att utföra 1.785 TEUS på 9 timmar, och den andra på grund av dess storlek. På motsatt sida har automatisering av bulkterminaler sällan lockat några rubriker och akademiska forskningsrapporter är knappa, om inte frånvarande. Den huvudsakliga informationskällan om bulk terminalautomation är webbsidor.

Automation är nödvändig för sunda portoperationer, för att hamnarna ska uppnå kapacitet för att hantera ökande lastvolym, för att uppnå integration och för att göra operationerna bättre och säkrare (AIS-portalen, 2016). Syftet med att föra automatisering till hamnar och terminaler är således att införa en helt ny nivå av konsistens vid hantering av gods och till lägre arbetskostnader och koldioxidutsläpp jämfört med manuellt drivna terminaler (Icontainers, 2018). Det uppskattas dock att endast 3% av de marina terminalerna är helautomatiserade, med ytterligare 7-13% delvis automatiserade. År 2017 beräknas således att endast cirka 16% av terminalerna har gjort riktiga investeringar i automationsteknik. Detta förändras emellertid kontinuerligt eftersom automatisering är också direkt kopplad till grön prestation. Klara exempel på detta är hamnen i Los Angeles och Long Beach med målet nollutsläppsresultatet (Mos Way, 2017).

Ett bulk terminalautomationssystem för automatisering och koordinering av leveransverksamhet av bulkterminaler har patenterats av Diamond & Diamond (1999). Den första i sitt slag, en helautomatisk korn- och gödselterminal, började fungera i Port Qasim, en djuphavshavn i Karachi, Sindh, Pakistan redan 2010 (Express Tribune, 2010). Port Technology (2011a) granskar lossningsanläggningar för bulkgrepp och automatiska och helautomatiska hinkstaplar för återladdning av skopor som tillsammans utvecklades av Shanghai Port, Shanghai Port Machinery Plant, ABB China och Shanghai Jiao Tong University. Port Technology (2011b) fokuserar på dessa tekniker i Shanghai Hamn och de metoder, optimeringar och strategier som ingår i automationsutrustning. Kanadas största kolexportterminal, Westshore, Roberts Bank, BC,

implementerar automatisering av staplare / återvinning, och på DBCT, Australien, ger automatisering ett fullständigt skydd för kuvertkollision för skeppslasten (Dry Cargo, 2019). EMO Rotterdam är en av de största torra bulkterminalerna i Europa, belägen i hamnen i Rotterdam. Kontinuerliga investeringar under de senaste åren har lett till en mycket automatiserad torr bulkterminal, unik i sin operationella flexibilitet och effektivitet. En stor del av utrustningen är elektrisk driven och därmed miljövänlig (HES 2018). För Peel Ports har automatisering av stålspiralhantering vid dess djuphavsmetallterminal resulterat i en 30-50% ökning av lagringskapacitet och hastighet, minskad arbetskraft och nollskada eftersom det automatiserade systemet optimerar layouten genom att rikta automatiserade kranar för att placera spolar av liknande storlek i definierade zoner, med borttagning, grävningar, hämtning, iscensättning och hushållning utförda av kranar utan mänskliga operatörer (Hellenic Shipping News, 2017).

Att välja lämplig automatiseringsutrustning är viktigt för både fartygsägare och hamnhanterare eftersom stillatiden på terminalen avsevärt ökar kostnaden för att leverera sjöfartstjänster. När det gäller hantering av bulkmaterial är det därför mycket viktigt att välja t.ex. lämplig fartygslastare. Multi-kriteria optimering för beslutsfattande är då det typiska tillvägagångssättet för att övervinna osäkerheten i experternas bedömning. Celik & Akyuz (2018) beskriver utvecklingen av ett sådant omfattande tillvägagångssätt och undersöker effekterna av "key performance indicator" (KPI) under olika förhållanden.

Sammanfattningsvis tillhandahåller hamnautomation snabbare, renare, samordnade och helautomatiska tjänster, vilket ökar kapaciteten och minskar driftskostnader, skador och olyckor.

5 Bidrag till Triple F

Studiens intervjuer och litteraturgenomgång bidrar till kunskap om hur stora mängder befintlig och tillkommande trafik kan hanteras i ett framtida godstransportsystem, med målet att vara fossiloberoende, med fokus på två stora aktörer inom den transportintensiva gruv- och stålindustrin, LKAB och SSAB. I studien beskrivs baserat på intervjuerna förväntade förändringar, dvs. ökning av transportbehovet, samt övergripande beskrivningar av hinder och möjligheter för en snabbare omställning till ett fossiloberoende transportsystem. Dessa hinder och möjligheter har strukturerats i tre områden: infrastruktur, teknik och policy.

Baserat på både intervjuer och nationell och internationell litteratur, har åtta områden presenterats för fortsatt arbete som idéer för utveckling, för att år 2030 tydligt förbättra möjligheterna att uppnå målet om reduktion av CO₂, samt till år 2045 med fortsatt teknikutveckling och förfining av policys uppnå CO₂-frihet. Inom dessa områden behöver insatser genomföras, både i ett kort och långt perspektiv.

För ökade transportmängder i gruv- och stålbranschen är det, med tanke på de stora mängder det handlar om, viktigt att fossiloberoende alternativ kan utvecklas och erbjudas. För stora delar av de transporter som undersökts i den här studien utgör lastbilstrafik inte ett relevant alternativ, varför det är extra viktigt att behovet av järnvägs- och sjöfartstransporter kan tillgodoses.

Studien ger stöd i kunskapsbyggande och synergier för branschen eftersom de tunga industriernas behov är liknande när det gäller stöd och fokus i arbetet för fossilfria godstransporter.

6 Nyttiggörande

Den nya kunskapen bedöms vara till gagn både för gruv- och stålindustrin i Sverige, samt ger även information till Trafikverket för fortsatt implementering av åtgärder för reduktion av CO₂ från godstransporter. Studien har hela tiden haft fokus på det övergripande målet för TripleF; reduktion av utsläpp av CO₂. Representanter från branschen har varit aktiva i kunskapssammanställningen genom hela arbetet med att ge uppgifter och data, beskriva branschens behov samt ta till sig och diskutera kunskap från andra länder och branscher; kunskapen har därmed redan implementerats i de ingående parternas arbete.

Resultatet av rapporten är till nytta för Trafikverkets fortsatta arbete med planering av infrastruktur för godstransporter. Den nya kunskapen bedöms även vara till gagn för statliga utredningar och regeringsuppdrag med syftet att stödja och utveckla Sveriges basindustrier och hållbara CO₂-fria transporter.

Resultaten fokuserar på delar av den transportintensiva gruv och stålbranschen, som står för stora delar av Sveriges godstransporter. Om dessa industriers framtida transporter kan ske utan CO₂-utsläpp kommer det att ge direkt och stor effekt på de totala CO₂-utsläppen i Sverige.

7 Diskussion

Gruv- och stålindustrin är en transportintensiv bransch, med stora mängder insatsvaror respektive utgående produkter som behöver transporteras till och från produktionsområdena. LKAB:s och SSAB:s transporter sker idag främst med tåg och båt. Beräkningarna av CO₂-utsläpp visar tydligt att transporter med båt och järnväg är att föredra jämfört med traditionell lastbil, när man jämför utsläpp per tonkm. Järnvägstransporter som drivs med el i Sverige släpper ut mycket lite CO₂, men om man använder tåg med en elmix från EU blir utsläppen något större. Det kan noteras att vald systemgräns har betydelse för vilka utsläpp som en verksamhet ger upphov till. Vid export och import av varor som transporteras med båt, transporteras dessa också till och från hamn i ett annat land. Det påverkar utsläppen i ett globalt perspektiv, men det har inte undersökts närmare i den här rapporten.

För LKAB, SSAB och i Luleå hamn sker en del transporter med lastbil idag. Det kan bero på att andra alternativ saknas, t.ex. finns ingen järnväg mellan Masugnsbyn och Kiruna för transport av dolomit. I andra fall kan det röra sig om mindre mängder som ska transporteras långa sträckor, samordnat med andra transporter, t.ex. för vissa legeringar som behövs i stålltillverkningsprocessen. En del stålleveranser sker med lastbil inom Sverige och vid export. Det beror främst på att järnvägssystemet inte är tillräckligt utbyggt för att kunna användas ända ut till kund. Istället för kostsamma omlastningar används då lastbil hela vägen. Inom hamnområdet används lastbilstransporter för en del korta transporter till lager eller produktionsenhet.

Sammantaget omfattas följande transporter med lastbil:

- SSAB till kund, inom Sverige: 480 kton/år
- SSAB till kund, export från Sverige: 520 kton/år
- SSAB legeringar: mindre mängd
- SSAB MRO: mindre mängd
- LKAB Dolomit: 140 kton/år
- LKAB MRO: mindre mängd
- Luleå hamn: koks från SSAB till lager i hamnen (3 km)
- Luleå hamn: kalksten till SSAB från lager i hamnen (3 km)
- Luleå hamn: bentonit till LKAB från hamnen (3 km)
- Luleå hamn: dolomit till LKAB från hamnen (3 km)
- Luleå hamn: skrot till SSAB från hamnen (3 km)
- Luleå hamn: bränd kalk från silos till SSAB/LKAB

Utvecklingen av produktion av järnmalmsprodukter förväntas öka kraftigt till 2030 och framåt. Det innebär att framtida transportlösningar med järnväg och båt behöver ökad infrastrukturkapacitet. Det förväntas dock inte ske någon övergång till transporter med lastbil för de tunga transporter som redovisats här, även om det uppstår kapacitetsbrist. Möjligen skulle stålleveranser kunna ske i större utsträckning med lastbil. Snarare kommer det att hämma Sveriges ekonomi om transporterna inte kan lösas på ett bra sätt. Detsamma gäller för införande

av olika ekonomiska styrmedel. Tunga transporter i den här branschen saknar rimligt transportalternativ och blir därför mycket känslig för olika pålagor.

Forskning pågår för nya produktionsmetoder för en fossilfri stålframställning, men användning av tekniken i stor skala väntas inte förrän om 20-30 år. Det kan påverka framtida transportflöden, men produktionen kommer fortsättningsvis ändå att generera stora flöden av insatsvaror respektive produkter.

7.1.1. Hinder för fossilfri utveckling

Ett flertal inspel kring vilka hinder som finns för en fossilfri utveckling har framkommit under intervjuerna, och redovisas sammanfattat här uppdelat på teknik, policy och logistik. Den organisation som huvudsakligen lyft fram frågan anges inom parentes.

Teknik

- Behov av ökade axellaster och dubbelspår Kiruna-Narvik (LKAB) - pågår test 32,5 tons axellast, planering av dubbelspår
- ERTMS – tar lång tid att införa (LKAB) - införande pågår
- Behov av ökat kapillärt järnvägsnät (SSAB)
- Mängden biodrivmedel/HVO räcker inte till (Luleå hamn)

Logistik

- Behov av långsiktig fördelning av tåglägen (LKAB)

Policy

- Långa planeringstider för infrastrukturen jämfört industrins förändrade behov (Trafikverket)
- Även om vissa ansvar är tydliga (t.ex. regeringsuppdrag), är vissa ansvar otydliga t.ex. vem som driver utvecklingen i stort, ansvar för laddstolpar inkl. el, utbyggnad (Trafikverket)
- Utveckling av regelverk behövs för t.ex. elväg (Trafikverket)
- Utveckling av affärsmodeller behövs, gräns offentligt/privat (Trafikverket)
- Kraftig höjning av banavgifter i Sverige och Norge (LKAB, SSAB)
- Realpolitiken stärker inte järnvägen, brist på långsiktighet i politiken, incitament- och avgiftsstrukturen styr inte till järnväg och sjöfart (Luleå hamn, SSAB)

7.1.2. Möjligheter för fossilfri utveckling

Ett flertal inspel kring vilka möjligheter som finns för en fossilfri utveckling har framkommit under intervjuerna, se avsnitt ovan, och redovisas sammanfattat här uppdelat på teknik, policy och logistik. Representant/er från den organisation som huvudsakligen lyft fram frågan anges inom parentes.

Teknik

- Trucktransporter/upplagslastning, leverans av dolomit med lastbil - undersöka alternativ bränslecell, batterier, elväg, HVO diesel (LKAB)
- Lastbilstransporter i hamnen - undersöka alternativ elväg, transportband (Luleå hamn)
- Utveckling av elvägar (Trafikverket, SSAB) - pågår teststräckor
- Högre hastighet för godståg (Trafikverket)

- Utökad användning av förnybara bränslen (Trafikverket, Luleå hamn)
- Bättre transporteffektivitet - längre och tyngre fordon (Trafikverket, SSAB) - pågår arbete
- Bättre transporteffektivitet med ökad automatisering och digitalisering (Trafikverket, Luleå hamn, SSAB) – pågår bl.a. i Malmporten
- ERTMS - utveckla simulatorer för snabbare förändringar (LKAB)

Logistik

- Samordnat leveransupplägg till kund (LKAB)
- Samordna MOR till Borlänge (LKAB) - ambition finns
- Samverkan för ökad fyllnadsgrad (Trafikverket, SSAB) - pågår regeringsuppdrag, samt samverkan kring Stålpendeln
- Mer samordning transporter Luleå - Malmfälten (Luleå hamn) - pågår studier för mer samordnad sjöfart
- God samordning järnväg - hamn, t.ex. när NBB byggs (Luleå hamn)

Policy

- Förarlösa tåg – regelverk bromsar (LKAB)
- Stort intresse från aktörer (Trafikverket)
- Arbeta med att förbättra alla transportslag (SSAB)
- Skapa en effektiv och attraktiv järnväg (SSAB, Luleå hamn)
- Mer engagemang och samverkan från varuägare (SSAB)
- Krav på minskade utsläpp påverkar, tid för omställning viktig (Luleå hamn)

7.1.3. Idéer för utveckling på kort och lång sikt

Utifrån de frågor som angetts som viktigast för utvecklingen av ett framtida fossiloberoende transportsystem under intervjuerna och projektgruppsmötena, samt den fördjupade litteraturstudien, har följande idéer formulerats. De har samtliga ett långsiktigt perspektiv, men åtgärder för att nå framåt kan införas och arbetas med kontinuerligt. Genom att tydliggöra vilka åtgärder som ger störst effekt, och börja arbeta med dem, kan förändringar åstadkommas i ett kort perspektiv.

Stärkt infrastruktur för järnväg och sjöfart i ett systemperspektiv

Järnvägen behöver stärkas för att utgöra ett fördelaktigt alternativ för ökande godstransporter. Järnvägsinfrastrukturen måste utvecklas med ett systemperspektiv, där ökad kapacitet erbjuds i ett robust järnvägsnät med redundans. Ökad kapacitet kan skapas dels genom utbyggnad av ny järnvägsinfrastruktur t.ex. dubbelspår för Malmbanan och en utbyggnad av Norrbotniabanan, och dels genom utveckling av befintliga järnvägsstråk. En förstärkt Inlandsbana skulle möjligen med teknik- och infrastrukturutveckling kunna avlasta stambanan och öka kapaciteten i systemet. Fler systemtåg skulle ha möjlighet att överföra en del transporter med lastbil till järnväg i längre stråk. Det behövs då tydliga transportkorridorer och utvecklade affärsmodeller. Järnvägen behöver dessutom ökat underhåll. Förtroendet för transporter på järnväg måste återupprättas.

För hamnverksamhet med omlastning mm. skulle hanteringen av transporterna kunna effektiviseras genom en ökad automatisering. Risken för investering i kostsam utrustning kan

minskas med ett riktat stöd till en sådan omställning. Den "breddade ekobonus" som förslagits av Trafikanalys (2019) har ett fokus på infrastrukturinvesteringar och skulle därför kunna inrymma kostnader för automatisering.

Sista sträckan ut till kund – "last mile"

Sista sträckan ut till kunden med järnväg sker ofta via ett industrispår, på det så kallade kapillära järnvägsnätet. När industrispår finns kan hela transporten till kund ske med järnväg utan tidsåtgång eller kostnad för omlastning till lastbil. Om däremot industrispår saknas behövs omlastning som kan medföra att det blir mer kostnadseffektivt att utföra hela transporten med lastbil. Det sker idag nedläggning av industrispår då det inte bedöms finnas medel för att sköta underhåll och upprätthålla de säkerhetskrav som ställs på dessa sträckor.

Ett alternativ skulle kunna vara att skapa effektiva omlastningshubar, där omlastning kan ske från transport med järnväg den längre sträckan, till transport sista sträckan till kund med lastbil. Optimering av ett nätverk för lokalisering av sådana anläggningar skulle kunna behövas. Lastbilen skulle kunna drivas med el, eller annat bibränsle. Sista sträckan skulle kunna transporteras av längre och tyngre fordon än dagens traditionella lastbilar. Optimerad ruttplanering både med avseende på kostnader och på bränsleförbrukning är nödvändig. Lämpliga lösningar behöver undersökas och konsekvensbeskrivas.

Längre och tyngre fordon

Åtgärder för längre och tyngre fordon på både väg och järnväg skapar förutsättningar för ökad kapacitet och mindre utsläpp. Till exempel kan en coil (rulle med plåt) från SSAB väga 26 ton. Kan man köra med 74 tons lastbilar kan man transportera två stycken per lastbil och halvera behovet av lastbilar. Arbete pågår i Sverige bland annat genom ombyggnad så att ökade axellaster och längre tåg tillåts på bland annat Malmbanan, samt att längre och tyngre lastbilar tillåts på BK4-vägnätet. Skulle takten för införandet av längre och tyngre fordon kunna vara högre både för järnväg och väg? Exempelvis i Finland infördes i januari 2019 att lastbilar med en längd upp till 34,5 meter är generellt tillåtet, om inte särskilda begränsningar finns.

Effekten av tunga och/eller långa fordon för olika typer av transporter och transportsträckor behöver undersökas mer, t.ex. optimering av rutter, laster, konfigurationer, bränsleförbrukning och tomkörning. Det finns heller ingen gemensam definition av längre och tyngre fordon mellan länder.

Ökad samordning av godstransporter

För att öka transporterernas fyllnadsgrad och därmed effektivitet behöver samordning av godstransporter förbättras. Data om transportererna behöver användas smartare över organisationsgränser. Samordnade upplägg av transporter till kund skulle kunna påverka lagerhållning positivt både för leverantör och för kund. Hur viktig tidsaspekten för en transport är beror också av hur pålitliga transportererna är och hur känslig man är för lagerhållning. Generellt innebär lagerhållning en viss kapitalbindning, och brukar därför hållas på en låg nivå.

Regeringsuppdraget som gavs till Trafikverket om att föreslå hur system för informationsutbyte för ökad samordning och transporteffektivitet kan organiseras och förvaltas, har delredovisats i en rapport (Trafikverket, 2019d). Utredningen visar att det är tekniskt möjligt att utveckla sådana system, men att det behövs ytterligare undersökningar om hur olika lagstiftningar kan påverka. En långsiktig satsning förordas med offentlig finansiering, och en att en neutral organisation

ansvarar för systemet. Trafikverket ska stödja ett långsiktigt samarbete med andra aktörer under åren 2019–2029.

Avgifts- och incitamentstruktur för olika transportslag

Det finns en bred enighet om att nå fossilfria transporter i Sverige, och att en överflyttning av godstransporter till järnväg och sjöfart från vägtransporter är en önskvärd inriktning, både nationellt och internationellt, för att minska utsläpp av CO₂. Samtidigt har banavgifterna, liksom avgifter för sjöfart, ökat under de senaste åren och väntas fortsätta öka kraftigt. Banavgifterna upplevs driva trafik från järnväg och sjöfart till väg. Mindre trafikvolym på järnväg innebär att kostnaderna ska bäras av färre transporter. Det drabbar då särskilt de godstransportköpare och varuägare som inte har andra reella alternativ för transporten, t.ex. för stålämnen som transporteras med järnväg från Luleå till Borlänge.

Andra ekonomiska styrmedel, t.ex. stöd och kompensationer, kan användas för att påverka val av transportsätt. T.ex. miljökompensation som ska styra godstransporter från väg till järnväg, vilket också ska avspeglas i lägre priser hos transportköparna. I LKAB:s fall fungerar kanaliseringen till transportköparen bra, från deras dotterbolag Malmtrafiken AB. Återföring till transportköparen fungerar sämre i andra fall. Det antas vara svårare att återföra medel till transportköparen om operatörerna har många kunder. Samma problematik finns i ekobonussystemet som ska styra godstransporter från väg till sjöfart, då idag endast redarna kan söka bonusen.

En annan aspekt att ta hänsyn till är ländernas olika förutsättningar. För transporter från norra Sverige kan längre transporter behövas än från en del andra länder vilket påverkar kostnaderna och därmed konkurrenskraften. Tyskland har ett tätare tågnät än Sverige, vilket ger en ökad konkurrens mot lastbilstransporter. Tyskland har också en stor del transittrafik som använder infrastrukturen.

Skatter, avgifter och incitament behöver i högre utsträckning styra mot de transportpolitiska målen. Hur detta ska åstadkommas genom befintliga eller nya instrument behöver undersökas. Det bör också tas hänsyn till att alltför många system för avgifter och kompensationsåtgärder sammantaget skapar en komplex struktur där det totala utfallet kan vara svåröverskådligt. Varje system medför också ett administrativt arbete, både för ansvarig part och användande part.

Värdering av CO₂-utsläpp

Redan i planeringen av infrastrukturen finns möjlighet att satsa på fossilfria transportslag, t.ex. åtgärder för tågtrafik eller annan eldriven trafik. Med tanke på den ambition som finns för en omställning till fossilfrihet är det förvånande att inte minskade CO₂-utsläpp får ett tydligare genomslag i samhällsekonomiska kalkyler och marginalkostadsberäkningar. Värderingen av minskade CO₂ utsläpp kan behöva ses över.

Utveckling av förnybara bränslen

Användningen av fossilfria drivmedel behöver öka. Det finns ett ökat behov av tillgång till HVOdiesel, som kan användas i befintliga dieseldrivna fordon. Tyvärr finns det inte tillräckliga mängder om man vill använda det fullt ut, bland annat mot bakgrund av att reduktionsplikten infördes (generell inblandning av biodrivmedel i bensin och diesel). Hälsoaspekterna för den personal som arbetar som t.ex. växelloksförare eller sjömän borde tas hänsyn till så att den begränsade mängd som finns kan användas på bästa sätt. Det finns också flera andra

intressanta alternativ som vätgasceller och biogas eller ren el. Då kan investeringar i olika tekniklösningar krävas.

Transporter med båt har inte höga CO₂-utsläpp per tonkm, men eftersom det är stora mängder som transporteras långa sträckor ger det upphov till betydande CO₂-utsläpp. Därför är fossiloberoende transportlösningar med el eller annat förnybart bränsle viktigt inom sjöfarten.

Snabbare stöd till innovationer:

Det behövs tydligare och snabbare arbete i samhället med att stötta nya innovationer och innovationsplattformar, och mer stöd för fossiloberoende lösningar. Det är viktigt att det inte stannar vid pilotförsök, utan går vidare till skarpa satsningar för en omställning, t.ex. för elvägar. När det ska bygga på att företagen och industrin ska vara med och finansiera kan det bli det en för försiktig utveckling. De statliga verken skulle kunna ta mer initiativ och mer risk.

7.1.4. De viktigaste nyckelaktörerna för att genomföra olika åtgärder

För att genomföra olika åtgärder behövs samverkan mellan aktörer från samhälle (Trafikverk, kommuner mm.) näringsliv (varuägare, operatörer mm.) och akademi (universitet, centrumbildningar mm.), i så kallade triple helix-konstellationer.

I arbetet med en omställning till fossilfrihet behöver ansvar för olika delar av utvecklingen tydliggöras och följas upp i regelverk, samt gränser mellan offentliga och privata åtaganden klargöras. Dessa gränser kan se olika ut i olika delar av landet beroende på möjligheter för lönsamhet.

8 Fortsatt arbete och forskning

Alla transportslag behövs och kompletterar varandra. Därför behövs en utveckling av samtliga transportslag så att transportbehoven kan tillgodoses på det mest kostnadseffektiva sättet, och med så lite utsläpp av CO₂ som möjligt.

En del arbete med de här presenterade idéerna för utveckling pågår redan på olika sätt genom den nationella godsstrategin, ett flertal regeringsuppdrag, infrastrukturplaner och andra åtgärder. Det är viktigt att arbetet håller tempo och resulterar i konkreta aktiviteter.

Följande idéområden för utveckling har formulerats för fokus i fortsatt arbete och forskning:

- Stärkt infrastruktur för järnväg och sjöfart i ett systemperspektiv
- Avgifts- och incitamentstruktur för olika transportslag
- Utveckling av förnybara bränslen
- Längre och tyngre fordon
- Sista sträckan ut till kund – ”last mile”
- Ökad samordning av godstransporter
- Värdering av CO₂-utsläpp
- Snabbare stöd till innovationer

Genom det här projektet har några konkreta frågeställningar för fortsatt forskning lyfts fram. Det kan noteras att det inte funnits resurser i det här projektet att undersöka state-of-the-art för respektive idé :

- **Systemtåg för överföring av transporter av långväga gods med lastbil till järnväg.** Vilka transportkorridorer har potential beroende på godstyp och avstånd? Behov av ökad kapacitet i järnvägssystemet? Lämpliga affärsmodeller?
- **Hub för ”last mile”- transport.** Vilka konsekvenser får det om man transporterar sista sträckan på ett elektrifierat respektive icke-elektrifierat (där diesellok används) industrispår, kontra med traditionell lastbil, ellastbil eller lastbil med annat alternativt drivmedel? Kan längre och tyngre fordon transportera sista sträckan? Hur ska sådana hubar lokaliseras för att möjliggöra en effektiv distribution? Hur ska ruttplaneringen för effektiv distribution gå till?
- **Effekten av tunga och/eller långa fordon för olika typer av transporter och transportsträckor.** Kostnadseffektivitet och minskade utsläpp för transporter med olika avstånd, och olika typer av gods? I vilka transportrelationer är det mest viktigt att tunga och/eller långa fordon införs? Effekter på de transportpolitiska målen? Finns det fara för omvänt val av transport, dvs från järnväg till långa och tunga lastbilar?
- **Värdering av minskade CO₂ utsläpp.** Är värderingen av CO₂-utsläpp i samhällsekonomiska kalkyler rimlig i förhållande till samhällets prioritering? Är värderingen av CO₂-utsläpp konsekvent när olika lösningar jämförs?
- **Bättre styrning mot fossilfrihet genom avgifter och incitament.** Hur kan en bättre styrning mot de transportpolitiska målen åstadkommas? Hur kan man komma närmare transportköparna och varuägarna i bidragssystemet, särskilt de som ger avtryck när det gäller utsläpp av CO₂? Kan längdrabbatt på banavgifter användas, dvs. rabatt för långväga godstransporter på tåg? Finns enhetliga mått för den samlade effekten av åtgärder? Kan miljödifferenterade avgifter, som nämns i den nationella godsstrategin, vara en möjlighet?

9 Referenser

Litteratur

- European Commission (2018). Rail market monitoring (RMMS). Package data and figures. Figure 44. https://ec.europa.eu/transport/modes/rail/market/market_monitoring_en
- IMO (2019). Sulphur oxides (SOx) and Particulate Matter (PM) – Regulation 14. [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-\(SOx\)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-(SOx)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx)
- Jernkontoret (2019). Ståläret 2018 – en kort översikt. https://www.jernkontoret.se/globalassets/publicerat/stal-stalind/stalaret__2018.pdf
- Jernkontoret (2019a). Företag och anläggningar. <https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/foretag-och-anlaggningar/>
- Kaunis iron (2019). Bolaget. <https://www.kaunisiron.se/bolaget/>
- LKAB (2017). Geografisk marknad. <https://www.lkab.com/sv/om-lkab/lkab-i-korthet/geografisk-marknad/>
- LKAB (2018). Års- och hållbarhetsredovisning 2018.
- Luleå hamn AB (2019). Om oss. <http://www.portlulea.com/60/om-lulea-hamn/om-oss.html>
- McKinsey (2019). Automation in logistics: Big opportunity, bigger uncertainty. <https://www.mckinsey.com/industries/travel-transport-and-logistics/our-insights/automation-in-logistics-big-opportunity-bigger-uncertainty>
- Merriam (2009). *Qualitative research: a guide to design and implementation*. (2 ed.). San Fransisco: Jossey-Bass.
- Regeringskansliet (2018). Effektiva, kapacitetsstarka och hållbara godstransporter – en nationell godstransportstrategi. N2018.21. Stockholm: Näringsdepartementet.
- SGU (2019). Mineralmarknaden 2018. Tema järn och stål. Periodiska publikationer 2019:1
- Sjöfartsverket (2019). Malmporten. <http://www.sjofartsverket.se/sv/Sakra-farleder/Malmporten/>
- SSAB (2019). SSAB Årsredovisning 2018.
- SveMin (2019). Sverige – Europas mesta gruvland. <https://www.sveamin.se/svensk-gruvnaring/fakta-om-svensk-gruvnaring/>
- Sveriges hamnar (2019). Trafiken i Sveriges hamnars medlemsföretag. <https://www.transportforetagen.se/ForbundContainer/Svenska-hamnar/Branschfragor/Hamnstatistik/Hamnstatistik/>
- Trafikanalys (2018). Skatter, avgifter och stöd inom transportområdet – slutredovisning. Rapport 2018:15.
- Trafikanalys (2019). En breddad eko-bonus. Rapport 2019:1.

Trafikstyrelsen (2017). Godstransportköparnas syn på järnvägsmarknaden. Rapport Dnr TSJ 2016-3642.

Trafikverket (2017). Prissättning av kapacitet för järnvägstransporter. Rapport 2017:033. ISBN: 978-91-7725-049-4.

Trafikverket (2017a). Trafikverkets uppdrag. <https://www.trafikverket.se/om-oss/var-verksamhet/trafikverkets-uppdrag/>

Trafikverket (2018a). Transportplanering 2.0. En åtgärd initierad av Miljömålsrådet. Rapport 2018:227. ISBN: 978-91-7725-385-3.

Trafikverket (2018b). Trender i transportsystemet, Trafikverkets omvärldsanalys 2018. ISBN: 978-91-7725-351-8.

Trafikverket (2018c). Effektivare transportlösningar med längre, tyngre och större tåg. <https://www.trafikverket.se/om-oss/nyheter/aktuellt-for-dig-i-branschen/2018-10/effektivare-transportlosningar-med-langre-tyngre-och-storre-tag/>

Trafikverket (2019a). Färdplan för ett uppkopplat och automatiserat vägtransportsystem. Rapport 2019:113. ISBN: 978-91-7725-466-9.

Trafikverket (2019b). Bärighetsklass BK4 – vägar för trafik upp till 74 ton. <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/vag/barighetsklass-bk4/>

Trafikverket (2019c). Längre lastbilar på det svenska vägnätet – för mer hållbara transporter. Rapport 2019:076. ISBN: 978-91-7725-428-7.

Trafikverket (2019d). Regeringsuppdrag, Horisontella samarbeten och öppna data. Rapport: 2019:110. ISBN: 978-91-7725-463-8.

Litteraturstudien

Policy

Asha Weinstein **Agrawal**, Jennifer **Dill**, Hilary **Nixon** (2010) *Green transportation taxes and fees: A survey of public preferences in California*, Transportation Research Part D 15 (2010) 189–196

David **Andress**, T. Dean **Nguyen**, Sujit **Das** (2011) *Reducing GHG emissions in the United States' transportation sector*, Energy for Sustainable Development 15 (2011) 117–136

Amanda C. **Askin**, Garrett E. **Barter**, Todd H. **West**, Dawn K. **Manley** (2015) *The heavy-duty vehicle future in the United States: A parametric analysis of technology and policy tradeoffs*, Energy Policy 81 (2015) 1–13

Anjali **Awasthi**, Satyaveer S. **Chauhan** (2011) *Using AHP and DempstersShafer theory for evaluating sustainable transport solutions*, Environmental Modelling & Software 26 (2011) 787-796

Carlos J.L. **Balsas** (2015) *Sustainable Transportation Planning, A New Academic Specialization in the USA*, International Journal of Transportation Science and Technology · vol. 4 · no. 1 · 2015 – pages 1 – 16

Herb **Castillo**, David E. **Pitfield** (2010) *ELASTIC – A methodological framework for identifying and selecting sustainable transport indicators*, Transportation Research Part D 15 (2010) 179–188

Eduardo **Ibanez**, James D. **McCalley** (2011) *Multiobjective evolutionary algorithm for long-term planning of the national energy and transportation systems*, Energy Syst (2011) 2, 151–169

Eduardo **Ibanez**, Steven **Lavrenz**, Konstantina **Gkritza**, Diego **Mejía**, Venkat **Krishnan** (2016) *Resilience and robustness in long-term planning of the national energy and transportation system*, Electrical and Computer Engineering Publications, Iowa State University, t https://lib.dr.iastate.edu/ece_pubs/183

Ian **Jeffreys**, Genevieve **Graves**, Michael **Roth** (2018) *Evaluation of eco-driving training for vehicle fuel use and emission reduction: A case study in Australia*, Transportation Research Part D 60 (2018) 85–91

Christy Mihyeon **Jeon**, Adjo A. **Amekudzi**, Randall L. **Guensler** (2013) *Sustainability assessment at the transportation planning level: Performance measures and indexes*, Transport Policy 25 (2013) 10–21

Peter **Jones** (2012) *Developing sustainable transport for the next generation: The need for a multi-sector approach*, IATSS Research 35 (2012) 41–47

Marta **Kadubek** (2015) *Examples of Sustainable Development in the Area of Transport*, Procedia Economics and Finance 27 (2015) 494 – 500

Hui **Li**, John **Harvey**, Xiaoming **Huang** (2015) *EDITORIAL: Moving Towards a Sustainable Transportation System: Focus Issue on Sustainable Transportation Technology and Policy*, International Journal of Transportation Science and Technology (2015) 4, no. 1, iii – viii

James **McCalley**, Venkat **Krishnan**, Konstantina **Gkritza**, Robert **Brown**, Diego **Mejía-Giraldo** (2013) *Planning for the Long Haul*, IEEE power & energy magazine, september/october 2013, 24-35

W. Ross **Morrow**, Kelly Sims **Gallagher**, Gustavo **Collantes**, Henry **Lee** (2010) *Analysis of policies to reduce oil consumption and greenhouse-gas emissions from the US transport sector*, Energy Policy 38 (2010) 1305-1220

Eamonn **Mulholland**, Jacob **Teterb**, Pierpaolo **Cazzola**, Zane **McDonald**, Brian P. Ó **Gallachóir** (2018) *The long haul towards decarbonising road freight – A global assessment to 2050*, Applied Energy 216 (2018) 678–693

Georgina **Santos** (2017) *Road transport and CO2 emissions: What are the challenges?*, Transport Policy 59 (2017) 71–74

Tzay-An **Shiau**, Jung-Shan **Liu** (2013) *Developing an indicator system for local governments to evaluate transport sustainability strategies*, Ecological Indicators 34 (2013) 361–371

John **Stanley**, Richard **Ellison**, Chris **Loader**, David **Hensher** (2018) *Reducing Australian motor vehicle greenhouse gas emissions*, Transportation Research Part A 109 (2018) 76–88

Janet **Stephenson**, Sam **Spector**, Debbie **Hopkins**, Alaric **McCarthy** (2018) *Deep interventions for a sustainable transport future*, Transportation Research Part D 61 (2018) 356–372

Amy J.C. **Trappey**, Charles **Trappey**, C.T. **Hsiao**, Jerry J.R. **Ou**, S.J. **Li**, Kevin W.P. **Chen** (2012) *An evaluation model for low carbon island policy: The case of Taiwan's green transportation policy*, Energy Policy 45 (2012) 510–515

Christopher **Yang**, David **McCollum**, Ryan **McCarthy**, Wayne **Leighty** (2009) *Meeting an 80% reduction in greenhouse gas emissions from transportation by 2050: A case study in California*, Transportation Research Part D 14 (2009) 147–156

Jiangping **Zhou** (2012) *Sustainable transportation in the US: A review of proposals, policies, and programs since 2000*, Frontiers of Architectural Research (2012) 1, 150–165

Längre och tyngre fordon

ACEA (2017) *Monitoring and reporting CO2 emissions of new heavy-duty vehicles*, European Automobile Manufacturers' Association Publications

ACEA (2019) *High Capacity Transport*, European Automobile Manufacturers' Association Publications

AECOM (2016) *Eco-driving for HGVs*, Final Report, Department for Transportation, AECOM Limited.

Allianz (2019) *Gigaliner: Eine Gefahr für Verkehr und Umwelt*, <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/queterverkehr/gigaliner/>

Arteconi, C. **Brandoni**, D. **Evangelista**, F. **Polonara** (2010) *Life-cycle greenhouse gas analysis of LNG as a heavy vehicle fuel in Europe*, Applied Energy 87 (2010) 2005–2013

Arteconi, F. **Polonara** (2013) *LNG as vehicle fuel and the problem of supply: The Italian case study*, Energy Policy 62 (2013) 503–512

ATA (2016) *Description of truck configurations*, Technical Advisory Procedure, Australian Trucking Association, First edition, September 2016

Hannah **Baker**, Richard **Cornwell**, Enrico **Koehler**, Jane **Patterson** (2009) *Review of Low Carbon Technologies for Heavy Goods Vehicles*, Prepared for Department for Transport, Ricardo.com

José I. **Castillo-Monzano**, Mercedes **Castro-Nuno**, Xavier **Fageda** (2016) *Exploring the Relationship Between Truck Load Capacity and Traffic Accidents in the European Union*, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 88 (2016) 94-109

Kraipat **Cheenkachorn**, Chedthawut **Poompipatpong**, Choi Gyeong **Ho** (2013) *Performance and emissions of a heavy-duty diesel engine fuelled with diesel and LNG (liquid natural gas)*, Energy 53 (2013) 52-57

P. **Christidis**, G. **Leduc** (2009) *Longer and heavier vehicles for freight transport*, JRC European Commission, EUR 23933, Seville

Brian A. **Davis**, Miguel A. **Figliozzi** (2013) *A methodology to evaluate the competitiveness of electric delivery trucks*, Transportation Research Part E 49 (2013) 8–23

Emir **Çabukoglu**, Gil **Georges**, Lukas **Küng**, Giacomo **Pareschi**, Konstantinos **Boulouchos** (2018) *Battery electric propulsion: An option for heavy-duty vehicles? Results from a Swiss case-study*, Transportation Research Part C 88 (2018) 107–123

Emadi, S. S. **Williamson** (2004) *Fuel Cell Vehicles: Opportunities and Challenges*, [IEEE Power Engineering Society General Meeting](#), 6-10 June 2004, DOI: [10.1109/PES.2004.1373150](#)

ERTRAC (2011) *Sustainable Freight System for Europe - Green, Safe and Efficient Corridors*, ERTRAC Working Group on Long Distance Freight Transport, European Road Transport Research Advisory Council

ERTRAC (2012) *European Roadmap – Infrastructure for Green Vehicles*, ERTRAC Working Group on Long Distance Freight Transport, European Road Transport Research Advisory Council

Zhiming **Gao**, David E. **Smith**, C. Stuart **Daw**, K. Dean **Edwards**, Brian C. **Kaul**, Norberto **Domingo**, James E. **Parks II**, Perry T. **Jones** (2015) *The evaluation of developing vehicle technologies on the fuel economy of long-haul trucks*, Energy Conversion and Management 106 (2015) 766–781

Lisa A. **Graham**, Greg **Rideout**, Deborah **Rosenblatt**, Jill **Hendren** (2008) *Greenhouse gas emissions from heavy-duty vehicles*, Atmospheric Environment 42 (2008) 4665–4681

Theodoros **Grigoratos**, Georgios **Fontaras**, Giorgio **Martini**, Cesare **Peletto** (2016) *A study of regulated and green house gas emissions from a prototype heavy-duty compressed natural gas engine under transient and real life conditions*, Energy 103 (2016) 340-355

Aivis **Grislis** (2010) *Longer combination vehicles and road safety*, Transport 25 (2010) 336-343

Han **Hao**, Zongwei **Liu**, Fuquan **Zhao**, Weiqi **Li** (2016) *Natural gas as vehicle fuel in China: A review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 62 (2016) 521–533

Tadveer Singh **Hora**, Avinash Kumar **Agarwal** (2015) *Experimental study of the composition of hydrogen enriched compressed natural gas on engine performance, combustion and emission characteristics*, Fuel 160 (2015) 470–478

Mauri **Haataja** (2017) *Results of HCT-vehicle combinations*, ADR-SEMINAARI 23, Kuljetuskuutio, Helsinki

IRU (2017) *Commercial Vehicle of the Future – A road towards fully sustainable truck operations*, IRU and Transport & Mobility Leuven

Knight, W. **Newton**, A. **McKinnon**, A. **Palmer**, T. **Barlow**, I. **McCrae**, M. **Dodd**, G. **Couper**, H. **Davies**, A. **Daly**, W. **McMahon**, E. **Cook**, V. **Ramdass**, N. **Taylor** (2008) *Longer and/or Longer and Heavier Goods Vehicles (LHVs) – Study of the Likely Effects if Permitted in the UK: Final Report*, PPR 285, TRL Limited.

Otto **Lahti** (2017) *HCT development in Finland*, Trafi, Finnish Transport Safety Agency

Antti **Lajunen** (2014) *Fuel economy analysis of conventional and hybrid heavy vehicle combinations over real-world operating routes*, Transportation Research Part D 31 (2014) 70–84

Yongseung **Lee**, Chongman **Kim**, Juneseuk **Shin** (2016) *A hybrid electric vehicle market penetration model to identify the best policy mix: A consumer ownership cycle approach*, Applied Energy 184 (2016) 438–449

Ye **Li**, Wenxiang **Li**, Yuewu **Yu**, Lei **Bao** (2016) *Planning of LNG Filling Stations for Road Freight: A Case Study of Shenzhen*, Transportation Research Procedia 25 (2017) 4580–4588

Heikki **Liimatainen**, Oscar **van Vliet**, David **Aplyn** (2019) *The potential of electric trucks – An international commodity-level analysis*, Applied Energy 236 (2019) 804–814

M. **Honner**, L. **Aarts** (2011) *Longer and heavier vehicles in practice*, Directorate General for Public Works and Water Management, Rijkswaterstaat, Traffic and Shipping Department, Amsterdam

D. Z. **Leach** and C. J. **Savage** (2012) *Impact assessment: high capacity vehicles*, Technical Report, University of Huddersfield, <http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/15769/>

Heikki **Liimatainen**, Lasse **Nykänen** (2017) *Impacts of Increasing Maximum Trucl Weight – Case Finland*, Transport Research Center Verne, Tampere University of Technology, Tampere, Finland

Vesa **Mannisto** (2019) *Recent High Capacity Transport Development in Finland*, TRB Annual Meeting, 99th Annual Meeting Washington, D.C.

Will **McDowall** (2015) *Are scenarios of hydrogen vehicle adoption optimistic? A comparison with historical analogies*, Environmental Innovation and Societal Transistions (2015) <http://dx.doi.org/10.1016/j.eist.2015.10.004>

Allan **McKinnon** (2005) *The economic and environmental benefits of increasing maximum weight: the British experience*, Transportation Research Part D: Transport and Environment 10 (2005) 77-95

Allan **McKinnon** (2012) *Improving the Sustainability of Road Freight Transport by Relaxing Truck Size and Weight Restrictions*, in P. Evangelista, A. McKinnon, E. Sweeney & E. Esposito [eds.] *Supply Chain Innovation for Competing in Highly Dynamic Markets: Challenges and Solutions*, IGI, Hershey, PA, 185-198

Dries **Meers**, Tom **van Lier**, Cathy **Macharis** (2018) *Longer and heavier vehicles in Belgium: A threat for the intermodal sector?* Transportation Research Part D 61 (2018) 459-470

Patrick E. **Meyer**, James J. **Winebrake** (2009) *Modeling technology diffusion of complementary goods: The case of hydrogen vehicles and refueling infrastructure*, Technovation 29 (2009) 77–91

Patrick E. **Meyer**, Erin H. **Green**, James J. **Corbett**, Carl **Mas**, James J. **Winebrake** (2011) *Total Fuel-Cycle Analysis of Heavy-Duty Vehicles Using Biofuels and Natural Gas-Based Alternative Fuels*, Journal of the Air & Waste Management Association (2011) 61, 285-294

Zulfaa **Mohamed-Kassim**, Antonio **Filippone** (2010) *Fuel savings on a heavy vehicle via aerodynamic drag reduction*, Transportation Research Part D 15 (2010) 275–284

- G.P. **Moreda**, M.A. **Muñoz-García**, P. **Barreiro** (2016) *High voltage electrification of tractor and agricultural machinery – A review*, Energy Conversion and Management 115 (2016) 117–131
- Hossein **Mousazadeh**, Alireza **Keyhani**, Arzhang **Javadi**, Hossein **Mobli**, Karen **Abrinia**, Ahmad **Sharifi** (2010) *Evaluation of alternative battery technologies for a solar assist plug-in hybrid electric tractor*, Transportation Research Part D 15 (2010) 507–512
- Lasse **Nykänen**, Heikki **Liimatainen** (2014) *Possible impacts of increasing maximum truck weight – Case Finland*, Transport Research Arena, Paris 14-17 April 2014
- Jose Luis **Osorio-Tejada**, Eva **Llera-Sastresa**, Sabina **Scarpellini** (2017) *Liquefied natural gas: Could it be a reliable option for road freight transport in the EU?* Renewable and Sustainable Energy Reviews 71 (2017) 785–795
- Sang Yong **Park**, Jong Wook **Kim**, Duk Hee **Lee** (2011) *Development of a market penetration forecasting model for Hydrogen Fuel Cell Vehicles considering infrastructure and cost reduction effects*, Energy Policy 39 (2011) 3307–3315
- L.D. **Poulikakos**, K. **Heutschi**, P. **Soltic** (2013) *Heavy duty vehicles: Impact on the environment and the path to green operation*, Environmental Science & Policy 33 (2013) 154 – 161
- Henrik **Pålsson**, Lena **Winslott Hiselius**, Sten **Wandel**, Jamil **Khan**, Emil **Adell** (2017) *Longer and heavier road freight vehicles in Sweden*, International Journal of Physics Distribution & Logistics Management (2017) 47, 603-622
- Henrik **Pålsson** & Henrik **Sternberg** (2018) *LRN 2016 SPECIAL – high capacity vehicles and modal shift from rail to road: combining macro and micro analyses*, INTERNATIONAL JOURNAL OF LOGISTICS: RESEARCH AND APPLICATIONS 21 (2018) 115–132
- David C. **Quiros**, Jeremy **Smith**, Arvind **Thiruvengadam**, Tao **Huai**, Shaohua **Hu** (2017) *Greenhouse gas emissions from heavy-duty natural gas, hybrid, and conventional diesel on-road trucks during freight transport*, Atmospheric Environment 168 (2017) 36-45
- Vasco **Sanchez Rodrigues**, Maja **Piecyk**, Robert **Mason**, Tim **Boenders** (2015) *The longer and heavier vehicle debate: A review of empirical evidence from Germany*, Transportation Research Part D 40 (2015) 114–131
- Burak **Sen**, Tolga **Ercan**, Omer **Tatari** (2017) *Does a battery-electric truck make a difference? Life cycle emissions, costs, and externality analysis of alternative fuel-powered Class 8 heavy-duty trucks in the United States*, Journal of Cleaner Production 141 (2017) 110-121
- Ivan **Smajla**, Daria Karasalihović **Sedlar**, Branko **Drljača**, Lucija **Jukić** (2019) *Fuel Switch to LNG in Heavy Truck Traffic*, Energies (2019) 12, 515; doi:10.3390/en12030515
- Davies Gleave – James **Steer**, Francesco **Dionori**, Lorenzo **Casullo**, Christoph **Vollath**, Roberta **Frisoni**, Fabrizio **Carippo**, Davide **Ranghetti** (2013) *A REVIEW OF MEGATRUCKS Major issues and case studies*, DIRECTORATE GENERAL FOR INTERNAL POLICIES POLICY DEPARTMENT B: STRUCTURAL AND COHESION POLICIES, TRANSPORT AND TOURISM, Brussels, http://www.modularsystem.eu/download/ep_tran_megatrucks_review.pdf

Transport and Environment (2013) *Longer and heavier lorries in the EU*, Position Paper, https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/T%26E%20position%20paper%20megatrucks%202013_final.pdf

Inge **Viert**, Håkan **Berell**, John **McDaniel**, Mattias **Haraldsson**, Ulf **Hammarström**, Mohammad-Reza **Yahya**, Gunnar **Lindberg**, Arne **Carlsson**, Mikael **Ögren**, Urban **Björketun** (2008) *The effects of long and heavy trucks on the transport system*, Report on a government assignment, VTI rapport 605A, VTI, Sweden.

Chao **Xu** . Kunfang **Guo** . Fuyuan **Yang** (2018) *A Comparative study of Different Hybrid Electric Powertrain Architectures for Heavy-Duty Truck*, IFAC PapersOnLine 51-31 (2018) 746–753

Giorgio **Zamboni**, Stefano **Malfettani**, Michael **André**, Chiara **Carraro**, Silvia **Marelli**, Massimo **Capobianco** (2013) *Assesment of heavy-duty vehicle activities, fuel consumption and exhaust emissions in port areas*, Applied Energy 111 (2013) 921-929

Giorgio **Zamboni**, Michel **André**, Adelia **Roveda**, Massimo **Capobianco** (2015) *Experimental evaluation of Heavy Duty Vehicle speed patterns in urban and port areas and estimation of their fuel consumption and exhaust emissions*, Transportation Research Part D 35 (2015) 1–10

Min **Zhou**, Hui **Jin**, Wenshuo **Wang** (2016) *A review of vehicle fuel consumption models to evaluate eco-driving and eco-routing*, Transportation Research Part D 49 (2016) 203-218.

Automation av bulkhamnar

AIS portal (2016) *How to Apply Automation to Bulk Operations*, <http://www.porttechnology.org/news/how-to-apply-automation-to-bulk-operations/>, Accessed: 20/08/2019

Robert A. **Diamond**, Travis A. **Diamond** (1999) *Bulk Terminal Automation System*, Patent No: US 6,370,515 B1, Date of Patent: April 9, 2012

Dry Cargo (2019) *Coal handling with ISAM's advanced terminal automation solutions*, <http://www.drycargomag.com/coal-handling-with-isams-advanced-terminal-automation-solutions>, Accessed: 25/08/2019

Erkan **Celik**, Emre **Akyuz** (2018) *An interval type-2 fuzzy AHP and TOPSIS method for decision-making problems in maritime transportation engineering: The case of ship loader*, Ocean Engineering 155 (2018) 371-381

Hellenic Shipping News (2017) *Technology key to competitive dry and liquid bulk operations*, <https://www.hellenicshippingnews.com/technology-key-to-competitive-dry-and-liquid-bulk-operations/>, Accessed: 20/08/2019

HES International (2018) *Meeting Market Demands – EMO Rotterdam*, <http://www.hesinternational.eu/emo>, Accessed: 20/08/2019

Icontainers (2018) *The future of automation at terminals and ports*, <https://www.icontainers.com/us/2018/10/09/the-future-of-automation-at-terminals-and-ports/>, Accessed: 20/08/2019

Chris **Moody** (2016) *End-to-End Automation and the Port of the Future*, Catapult Transport Systems

Mos Way (2017) *The evolution of terminal automation, how the technologies impact of terminal performance*, <https://www.onthemosway.eu>, Accessed: 28/08/2019

The **Express Tribune** (2010) Automated bulk cargo terminal to make debut at Port Qasim, <https://tribune.com.pk/story/63599/automated-bulk-cargo-terminal-to-make-debut-at-port-qasim/>, Accessed: 20/08/2019

Port Technology (2011a) *Automatic Bulk Cargo Equipment in Modern Ports: Part 1*, <https://www.porttechnology.org/technical-papers/automatic-bulk-cargo-equipment-in-modern-ports-part-1/>, Accessed: 25/08/2019

Port Technology (2011b) *Automatic Bulk Cargo Equipment in Modern Ports: Part 2*, <https://www.porttechnology.org/technical-papers/automatic-bulk-cargo-equipment-in-modern-ports-part-2/>, Accessed: 25/08/2019

Lagar

SFS 2004:519. Järnvägslag. Stockholm: Infrastrukturdepartementet.

SFS 2004:526. Järnvägsförordning. Stockholm: Infrastrukturdepartementet.

Beräkningsprogram

ECO TRANSIT World (2019). Calculation. <https://www.ecotransit.org/index.en.html>

NTM (2019). NTMcalc calculation of environmental impact. <https://www.transportmeasures.org/en/>

Intervjuer

Per Bondemark, Vice VD och inköpsdirektör, SSAB , 190202

Rickard Backlund, Senior manager logistics, SSAB, 190202

Henrik Vuorinen, VD, Luleå hamn, 190211

Jan Lundgren, Avd.chef Teknik och processutvecklingsprojekt, LKAB, 190214

Mats Bengtén, Strategisk planerare, Trafikverket , 190215

Tillhandahållt underlagsmaterial vid intervjuer

LKAB:

Till stor del ifylld tabell över godsflöden produkter, insatsvaror och interna flöden avseende mängd, sträckor, avstånd och transportsätt, vid intervjutillfället 190214.

Utveckling logistikbehov -> LKAB 5.0. PPT-bild, daterad 190117.

SSAB:

Logistics flows SSAB SSE SSS 2019-01-31. PPT-presentation

SSAB's Suppliers of Alloys to Sweden and Finland. 29 september 2016. PPT-presentation

SSAB main raw materials estimated supply CY2018. J Kallunki 2017-08-08. Kartbild

SSAB estimated supply CY2018 for: Iron ore pellets, Petcoke, Limestone, Injection coal. Kartbild

10 Bilagor

Bilaga 1. Intervjuguide

Bilaga 2. Beräkningsunderlag LKAB för CO₂e-utsläpp

Bilaga 3. Beräkningsunderlag SSAB för CO₂e-utsläpp

**Intervjuguide - SSAB, LKAB, Luleå hamn,
Trafikverket**

2019

(SSAB, LKAB)

Dagens godsflöden

Produkt	Mängd (ton/år)	Sträcka	Avstånd (mil)	Transpor- tsätt	CO2- utsläpp
Insatsvara	Mängd (ton/år)	Sträcka	Avstånd (mil)	Transpor- tsätt	CO2- utsläpp

*Framtida
godsflöden
2030*

Prognos
mängd

(Luleå hamn)

Dagens godsflöden över hamn - för gruv- och stålindustrin

Produkt	Mängd (ton/år)	Transport- sätt till hamn	Sträcka till hamn	Avstånd (mil)	CO2- utsläpp

Transport- sätt från hamn	Sträcka från hamn	Avstånd (mil)	CO2- utsläpp

Omlastning i
hamnen (CO2-
utsläpp)

Framtida godsflöden 2030

Prognos
mängd

FRÅGOR

Vilka prognosförutsättningar arbetar ni med för framtida godsflöden? **(Trafikverket)**

Vilka forskningsprojekt eller andra arbeten känner du till (pågående eller avslutade)

som kan ha särskild betydelse för ett framtida fossiloberoende godstransportsystem för gruv/stålbranschen? **(Trafikverket)**

Frågor/områden

Vilka hinder ser du/ni för att utveckla ett framtida fossiloberoende transportsystem?

Vad är viktigast?

Vilka möjligheter ser du/ni för detsamma?

- på kort/lång sikt? Vad är viktigast?

Vilka nyckelorganisationer berörs?

Specifikt produkt/er

Specifikt insatsvara/or

För gruv/stålindustrin

Hinder och möjligheter kan vara: Teknik (infrastruktur, kapacitet, drivmedel mm.), Logistik (lastbärare, samordning mm.), Policy (samverkan, lagar/regler och samhällsutveckling mm.), Annat

Vilken typ av energi tänker du/ni främst på när ni hör fossilfria transporter?

Finns det något annat du/ni vill ta upp som kan påskynda / hindra utvecklingen av ett framtida fossiloberoende transportsystem?

Environmental performance report

Transport chain description

Start point	End point	Distance [km]	Vehicle type	Comment
Luleå, Sverige	Malmberget, Sverige	210.31	Electric cargo train	-
Malmberget, Sverige	Kiruna, Sverige	115.21	Electric cargo train	-
Luleå, Sverige	Malmberget, Sverige	210.31	Electric cargo train	-
Malmberget, Sverige	Kiruna, Sverige	115.21	Electric cargo train	-
Brisbane Queensland, Australien	Luleå, Sverige	The routed distance is 14616.22 km, but 24970 km was used for the emission calculation.		Bulk carrier
Luleå, Sverige	Kiruna, Sverige	304.34	Electric cargo train	-
Kiruna, Sverige	980 20 Svappavaara, Sverige	43.28	Electric cargo train	-
Narviks kommun, Norge	Kiruna, Sverige	165.84	Electric cargo train	-
Kiruna, Sverige	980 20 Svappavaara, Sverige	43.28	Electric cargo train	-
Kiruna, Sverige	Malmberget, Sverige	108.70	Electric cargo train	-
Narvik	Kiruna	168.91	Electric cargo train	-
Kiruna, Sverige	980 20 Svappavaara, Sverige	43.28	Electric cargo train	-
Kiruna, Sverige	Malmberget, Sverige	108.70	Electric cargo train	-
Gotland, Sverige	Luleå, Sverige	The routed distance is 923.88 km, but 1070 km was used for the emission calculation.		Bulk carrier
Malmberget, Sverige	Kiruna, Sverige	108.70	Electric cargo train	-
Kiruna, Sverige	980 20 Svappavaara, Sverige	43.28	Electric cargo train	-
980 10 Masugnsbyn, Sverige	Kiruna, Sverige	106.18	Truck with trailer 40-50 t	-
Narviks kommun, Norge	980 20 Svappavaara, Sverige	212.46	Electric cargo train	-
Gävle, Sverige	Kiruna, Sverige	1068.27	Truck with trailer 40-50 t	-
Borlänge, Sverige	954 31 Gammelstad, Sverige	1137.62	Electric cargo train	-
954 31 Gammelstad, Sverige	Kiruna, Sverige	339.16	Truck with trailer 40-50 t	-

Parameter settings

LK Luleå-Malmberget_Electric cargo train_180kton

Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	180000 tonne	210.31 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK Malmberget-Kiruna_Electric cargo train_110kton

Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	110000 tonne	115.21 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK Luleå-Malmberget_Electric cargo train_35kton

Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	35000 tonne	210.31 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK Malmberget-Kiruna_Electric cargo train_5kton

Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	5000 tonne	115.21 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK Brisbane-Luleå_bulk carrier_180kton

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Ocean large	250000 dwt	180000 tonne	24970 km	50 %weight	100 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	Tier I

LK Luleå-Kiruna_Electric cargo train_180kton

Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Average	Medium	Hilly	Swedish railways supply mix	180000 tonne	304.34 km	60 %weight	0.50	73 %weight	1000 tonne	0.15	0.00

LK Kiruna-Svappavaara_Electric cargo train_30kton

Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	30000 tonne	43.28 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK Narvik-Kiruna_Electric cargo train_180kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	180000 tonne	165.84 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK Kiruna-Svappavaara_Electric cargo train_15kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	15000 tonne	43.28 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK Kiruna-Malmberget_Electric cargo train_30kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	30000 tonne	108.70 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK Narvik-Kiruna_Electric cargo train_380kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	380000 tonne	168.91 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK Kiruna-Svappavaara_Electric cargo train_10 kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	10000 tonne	43.28 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK Kiruna-Malmberget_Electric cargo train_180kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	180000 tonne	108.70 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK Gotland-Luleå_Bulk carrier_180kton											
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%, fuel share	RO 1%, fuel share	MD 0.1%, fuel share	NOx emission compliance	
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Regional	15000 dwt	180000 tonne	1070 km	55 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	100 %weight	Tier I	

LK Malmberget-Kiruna_Electric cargo train_130kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	130000 tonne	108.70 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK Kiruna-Svappavaara_Electric cargo train_50kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	50000 tonne	43.28 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK Masugnsbyn-Kiruna_Truck with trailer 40-50 t_140kton											
Vehicle type	Calculation model	Fuel	Road type	Euro class	Road gradient	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Cargo carrier capacity - weight	Fuel consumption	
Truck with trailer 40-50 t	Shipment transport - weight	Diesel B5 - Swe	Average road	Euro 4	±2%	140000 tonne	106.18 km	50 %weight	33 tonne	0.416 l/km	

LK Narvik-Svappavaara_Electric cargo train_20kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	20000 tonne	212.46 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK Gävle-Kiruna_Truck with trailer 40-50 t_3,4kton											
Vehicle type	Calculation model	Fuel	Road type	Euro class	Road gradient	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Cargo carrier capacity - weight	Fuel consumption	
Truck with trailer 40-50 t	Shipment transport - weight	Diesel B5 - Swe	Average road	Euro 4	±2%	3400 tonne	1068.27 km	50 %weight	33 tonne	0.416 l/km	

LK Borlänge-Gammelstad_Electric cargo train_2,3kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Average	Medium	Hilly	Swedish railways supply mix	2300 tonne	1137.62 km	60 %weight	0.50	73 %weight	1000 tonne	0.15	0.00

LK Gammelstad-Kiruna_Truck with trailer 40-50 t_2,3kton

Vehicle type	Calculation model	Fuel	Road type	Euro class	Road gradient	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Cargo carrier capacity - weight	Fuel consumption
Truck with trailer 40-50 t	Shipment transport - weight	Diesel B5 - Sve	Average road	Euro 4	±2%	2300 tonne	339.16 km	50 %weight	33 tonne	0.416 l/km

Calculation results

	CO2 total [kg]	CO2 fossil [kg]	CO2 biogen [kg]	CO2e [kg]	CH4 [g]	N2O [g]
LK Luleå-Malmberget_Electric cargo train_180kton						
Well to wheel	7959	7738	221.1	7771	525.1	68.17
Total	7959	7738	221.1	7771	525.1	68.17
LK Malmberget-Kiruna_Electric cargo train_110kton						
Well to wheel	2664	2590	74.01	2602	175.8	22.82
Total	2664	2590	74.01	2602	175.8	22.82
LK Luleå-Malmberget_Electric cargo train_35kton						
Well to wheel	1548	1505	42.99	1511	102.1	13.25
Total	1548	1505	42.99	1511	102.1	13.25
LK Malmberget-Kiruna_Electric cargo train_5kton						
Well to wheel	121.1	117.7	3.364	118.3	7.990	1.037
Total	121.1	117.7	3.364	118.3	7.990	1.037
LK Brisbane-Luleå_bulk carrier_180kton						
Vessel (tank to wheel)	1.163e+7	1.163e+7	0	1.181e+7	1.160e+5	5.947e+5
Fuel (well to tank)	1.015e+6	1.015e+6	0	1.302e+6	1.121e+7	2.424e+4
Total	1.265e+7	1.265e+7	0	1.312e+7	1.133e+7	6.190e+5
LK Luleå-Kiruna_Electric cargo train_180kton						
Well to wheel	1.963e+4	1.908e+4	545.2	1.916e+4	1295	168.1
Total	1.963e+4	1.908e+4	545.2	1.916e+4	1295	168.1
LK Kiruna-Svappavaara_Electric cargo train_30kton						
Well to wheel	273.0	265.4	7.583	266.5	18.01	2.338
Total	273.0	265.4	7.583	266.5	18.01	2.338
LK Narvik-Kiruna_Electric cargo train_180kton						
Well to wheel	6276	6102	174.3	6128	414.0	53.75
Total	6276	6102	174.3	6128	414.0	53.75
LK Kiruna-Svappavaara_Electric cargo train_15kton						
Well to wheel	136.5	132.7	3.791	133.3	9.004	1.169
Total	136.5	132.7	3.791	133.3	9.004	1.169
LK Kiruna-Malmberget_Electric cargo train_30kton						
Well to wheel	685.6	666.6	19.04	669.4	45.23	5.872
Total	685.6	666.6	19.04	669.4	45.23	5.872
LK Narvik-Kiruna_Electric cargo train_380kton						
Well to wheel	1.349e+4	1.312e+4	374.8	1.318e+4	890.3	115.6
Total	1.349e+4	1.312e+4	374.8	1.318e+4	890.3	115.6
LK Kiruna-Svappavaara_Electric cargo train_10 kton						
Well to wheel	90.99	88.46	2.528	88.85	6.003	0.7793
Total	90.99	88.46	2.528	88.85	6.003	0.7793
LK Kiruna-Malmberget_Electric cargo train_180kton						
Well to wheel	4114	3999	114.3	4017	271.4	35.23
Total	4114	3999	114.3	4017	271.4	35.23
LK Gotland-Luleå_Bulk carrier_180kton						
Vessel (tank to wheel)	1.658e+6	1.658e+6	0	1.685e+6	1.653e+4	8.783e+4
Fuel (well to tank)	1.622e+5	1.622e+5	0	2.067e+5	1.733e+6	3999
Total	1.821e+6	1.821e+6	0	1.892e+6	1.749e+6	9.183e+4
LK Malmberget-Kiruna_Electric cargo train_130kton						
Well to wheel	2971	2888	82.53	2901	196.0	25.45
Total	2971	2888	82.53	2901	196.0	25.45
LK Kiruna-Svappavaara_Electric cargo train_50kton						
Well to wheel	455.0	442.3	12.64	444.2	30.01	3.897
Total	455.0	442.3	12.64	444.2	30.01	3.897
LK Masugnsbyn-Kiruna_Truck with trailer 40-50 t_140kton						
Vehicle (tank to wheel)	9.512e+5	9.044e+5	4.685e+4	9.100e+5	749.6	1.874e+4
Fuel (well to tank)	>8.338e+4	8.338e+4	>0	9.828e+4	4.327e+5	1.372e+4
Total	>1.035e+6	9.877e+5	>4.685e+4	1.008e+6	4.335e+5	3.246e+4
LK Narvik-Svappavaara_Electric cargo train_20kton						
Well to wheel	893.4	868.5	24.82	872.3	58.94	7.651
Total	893.4	868.5	24.82	872.3	58.94	7.651
LK Gävle-Kiruna_Truck with trailer 40-50 t_3,4kton						
Vehicle (tank to wheel)	2.324e+5	2.210e+5	1.145e+4	2.223e+5	183.1	4579
Fuel (well to tank)	>2.037e+4	2.037e+4	>0	2.401e+4	1.057e+5	3352

Total	>2.528e+5	2.413e+5	>1.145e+4	2.463e+5	1.059e+5	7931
LK Borlänge-Gammelstad_Electric cargo train_2,3kton						
Well to wheel	937.4	911.4	26.04	915.3	61.84	8.029
Total	937.4	911.4	26.04	915.3	61.84	8.029
LK Gammelstad-Kiruna_Truck with trailer 40-50 t_2,3kton						
Vehicle (tank to wheel)	4.992e+4	4.746e+4	2458	4.775e+4	39.33	983.4
Fuel (well to tank)	>4375	4375	>0	5157	2.271e+4	720.0
Total	>5.429e+4	5.183e+4	>2458	5.291e+4	2.275e+4	1703
Grand total	>1.587e+7	1.581e+7	>6.248e+4	1.638e+7	1.364e+7	7.534e+5

Environmental performance report

Transport chain description

Start point	End point	Distance [km]	Vehicle type	Comment
-	-	7790	Bulk carrier	-
-	-	2100	Bulk carrier	-
Narviks kommun, Norge	Shanghai, Kina	The routed distance is 7352.72 km, but 9090 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Narviks kommun, Norge	Istanbul, Turkiet	The routed distance is 3130.40 km, but 3130 km was used for the emission calculation. km, but 7830 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Luleå, Sverige	Brahestad, Finland	The routed distance is 148.20 km, but 150 km was used for the emission calculation. km, but 150 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Luleå, Sverige	Oxelösund, Sverige	The routed distance is 812.70 km, but 940 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Luleå, Sverige	Hamburg, Tyskland	The routed distance is 1498.91 km, but 1810 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Malmberget, Sverige	Luleå, Sverige	210.31	Electric cargo train	-
Kiruna, Sverige	Narviks kommun, Norge	165.84	Electric cargo train	-
980 20 Svappavaara, Sverige	Narviks kommun, Norge	213.71	Electric cargo train	-
Malmberget, Sverige	Narviks kommun, Norge	269.47	Electric cargo train	-

Parameter settings

LK Narvik-Alexandria_Bulk carrier_5000kton										
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Ocean	60000 dwt	5000000 tonne	7790 km	55 %weight	100 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	Tier I

LK Narvik-Rotterdam_Bulk carrier_15500kton										
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Ocean	60000 dwt	15500000 tonne	2100 km	55 %weight	100 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	Tier I

LK Narvik-Miami_Bulk carrier_1000kton										
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Ocean large	250000 dwt	1000000 tonne	9090 km	50 %weight	100 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	Tier I

LK Narvik-Istanbul_Bulk carrier_1000kton										
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Ocean	60000 dwt	1000000 tonne	7830 km	55 %weight	100 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	Tier I

LK Luleå-Raahe_bulk carrier_1200kton										
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Regional	15000 dwt	1200000 tonne	150 km	55 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	100.0 %weight	Tier I

LK Luleå-Oxelösund_Bulk carrier_2000kton										
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Regional	15000 dwt	2000000 tonne	940 km	55 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	100.0 %weight	Tier I

LK Luleå-Hamburg_Bulk carrier_1500kton										
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Regional	15000 dwt	1500000 tonne	1810 km	55 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	100.0 %weight	Tier I

LK Malmberget-Luleå_Electric cargo train_7500kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	7500000 tonne	210.31 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK Kiruna-Narvik_Electric cargo train_15000kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	15000000 tonne	165.84 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK Svappavaara-Narvik_Electric cargo train_3500kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	3500000 tonne	213.71 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK Malmberget-Narvik_Electric cargo train_4000kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	4000000 tonne	289.47 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

Calculation results

	CO2 total [kg]	CO2 fossil [kg]	CO2 biogen [kg]	CO2e [kg]	CH4 [g]	N2O [g]
LK Narvik-Alexandria_Bulk carrier_5000kton						
Vessel (tank to wheel)	1.814e+8	1.814e+8	0	1.842e+8	1.808e+6	9.276e+6
Fuel (well to tank)	1.583e+7	1.583e+7	0	2.031e+7	1.748e+8	3.780e+5
Total	1.973e+8	1.973e+8	0	2.046e+8	1.766e+8	9.654e+6
LK Narvik-Rotterdam_Bulk carrier_15500kton						
Vessel (tank to wheel)	1.516e+8	1.516e+8	0	1.540e+8	1.511e+6	7.752e+6
Fuel (well to tank)	1.323e+7	1.323e+7	0	1.698e+7	1.461e+8	3.159e+5
Total	1.649e+8	1.649e+8	0	1.709e+8	1.476e+8	8.068e+6
LK Narvik-Miami_Bulk carrier_1000kton						
Vessel (tank to wheel)	2.353e+7	2.353e+7	0	2.389e+7	2.345e+5	1.203e+6
Fuel (well to tank)	2.053e+6	2.053e+6	0	2.634e+6	2.267e+7	4.902e+4
Total	2.558e+7	2.558e+7	0	2.653e+7	2.291e+7	1.252e+6
LK Narvik-Istanbul_Bulk carrier_1000kton						
Vessel (tank to wheel)	3.647e+7	3.647e+7	0	3.704e+7	3.636e+5	1.865e+6
Fuel (well to tank)	3.182e+6	3.182e+6	0	4.084e+6	3.515e+7	7.600e+4
Total	3.966e+7	3.966e+7	0	4.112e+7	3.551e+7	1.941e+6
LK Luleå-Raahé_bulk carrier_1200kton						
Vessel (tank to wheel)	1.550e+6	1.550e+6	0	1.575e+6	1.545e+4	8.209e+4
Fuel (well to tank)	1.516e+5	1.516e+5	0	1.932e+5	1.620e+6	3737
Total	1.702e+6	1.702e+6	0	1.768e+6	1.635e+6	8.582e+4
LK Luleå-Oxelösund_Bulk carrier_2000kton						
Vessel (tank to wheel)	1.619e+7	1.619e+7	0	1.645e+7	1.614e+5	8.573e+5
Fuel (well to tank)	1.583e+6	1.583e+6	0	2.018e+6	1.691e+7	3.903e+4
Total	1.777e+7	1.777e+7	0	1.847e+7	1.708e+7	8.964e+5
LK Luleå-Hamburg_Bulk carrier_1500kton						
Vessel (tank to wheel)	2.338e+7	2.338e+7	0	2.375e+7	2.331e+5	1.238e+6
Fuel (well to tank)	2.286e+6	2.286e+6	0	2.914e+6	2.443e+7	5.637e+4
Total	2.567e+7	2.567e+7	0	2.667e+7	2.466e+7	1.295e+6
LK Malmberget-Luleå_Electric cargo train_7500kton						
Well to wheel	3.316e+5	3.224e+5	9212	3.238e+5	2.188e+4	2840
Total	3.316e+5	3.224e+5	9212	3.238e+5	2.188e+4	2840
LK Kiruna-Narvik_Electric cargo train_15000kton						
Well to wheel	5.230e+5	5.085e+5	1.453e+4	5.107e+5	3.450e+4	4479
Total	5.230e+5	5.085e+5	1.453e+4	5.107e+5	3.450e+4	4479
LK Svappavaara-Narvik_Electric cargo train_3500kton						
Well to wheel	1.573e+5	1.529e+5	4368	1.535e+5	1.037e+4	1347
Total	1.573e+5	1.529e+5	4368	1.535e+5	1.037e+4	1347
LK Malmberget-Narvik_Electric cargo train_4000kton						
Well to wheel	2.266e+5	2.203e+5	6295	2.213e+5	1.495e+4	1941
Total	2.266e+5	2.203e+5	6295	2.213e+5	1.495e+4	1941
Grand total	4.737e+8	4.737e+8	3.440e+4	4.913e+8	4.261e+8	2.320e+7

Environmental performance report

Transport chain description

Start point	End point	Distance [km]	Vehicle type	Comment
Kiruna, Sverige	980 20 Svappavaara, Sverige	43.28	Electric cargo train	-
980 20 Svappavaara, Sverige	Malmberget, Sverige	The routed distance is 74.85 km, but 150 km was used for the emission calculation.	Electric cargo train	-

Parameter settings

LK internal_Kiruna-Svappavaara_Electric cargo train_2000kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport-weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	2000000 tonne	43.28 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

LK internal_Svappavaara-Malmberget_Electric cargo train_3000kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport-weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	3000000 tonne	150 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

Calculation results

	CO2 total [kg]	CO2 fossil [kg]	CO2 biogen [kg]	CO2e [kg]	CH4 [g]	N2O [g]
LK internal_Kiruna-Svappavaara_Electric cargo train_2000kton						
Well to wheel	1.820e+4	1.769e+4	505.5	1.777e+4	1201	155.9
Total	1.820e+4	1.769e+4	505.5	1.777e+4	1201	155.9
LK internal_Svappavaara-Malmberget_Electric cargo train_3000kton						
Well to wheel	9.461e+4	9.198e+4	2628	9.238e+4	6242	810.3
Total	9.461e+4	9.198e+4	2628	9.238e+4	6242	810.3
Grand total	1.128e+5	1.097e+5	3134	1.101e+5	7442	966.2

Environmental performance report

Transport chain description

Start point	End point	Distance [km]	Vehicle type	Comment
Malmberget, Sverige	Luleå, Sverige	210.31	Electric cargo train	-
Malmberget, Sverige	Luleå, Sverige	210.31	Electric cargo train	-
Luleå, Sverige	Oxelösund, Sverige	The routed distance is 812.70 km, but 940 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Brisbane Queensland, Australien	Luleå, Sverige	The routed distance is The routed distance is 14616.22 km, but 24970 km was used for the emission calculation. km, but 24970 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Brisbane Queensland, Australien	Oxelösund, Sverige	The routed distance is 15196.96 km, but 24110 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Wilmington, North Carolina, USA	Luleå, Sverige	The routed distance is 7024.93 km, but 9050 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Wilmington, North Carolina, USA	Oxelösund, Sverige	The routed distance is 7090.88 km, but 8190 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Seattle, Washington, USA	Luleå, Sverige	The routed distance is 7072.81 km, but 18690 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Seattle, Washington, USA	Oxelösund, Sverige	The routed distance is The routed distance is 7637.65 km, but 17830 km was used for the emission calculation. km, but 17830 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Klaipėda, Litauen	Luleå, Sverige	The routed distance is The routed distance is 1101.36 km, but 1180 km was used for the emission calculation. km, but 1180 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Klaipėda, Litauen	Oxelösund, Sverige	The routed distance is 411.82 km, but 420 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Rotterdam, Nederländerna	Luleå, Sverige	The routed distance is 1817.49 km, but 2270 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Rotterdam, Nederländerna	Oxelösund, Sverige	The routed distance is 1093.16 km, but 1410 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Le Havre, Frankrike	Luleå, Sverige	The routed distance is 2198.29 km, but 2640 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Gotland, Sverige	Oxelösund, Sverige	The routed distance is 157.99 km, but 210 km was used for the emission calculation.	Bulk carrier	-
Luleå, Sverige	Umeå, Sverige	The routed distance is 265.66 km, but 300 km was used for the emission calculation.	Truck with trailer 40-50 t	-

Parameter settings

Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	2750000 tonne	210.31 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	1150000 tonne	210.31 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Regional	15000 dwt	1150000 tonne	940 km	55 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	100 %weight	Tier I

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Ocean large	250000 dwt	400000 tonne	24970 km	50 %weight	90 %weight	0.0 %weight	10 %weight	Tier I

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Ocean large	250000 dwt	200000 tonne	24110 km	50 %weight	90 %weight	0.0 %weight	10 %weight	Tier I

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Ocean large	250000 dwt	400000 tonne	9050 km	50 %weight	70 %weight	0.0 %weight	30.0 %weight	Tier I

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Ocean large	250000 dwt	200000 tonne	8190 km	50 %weight	70 %weight	0.0 %weight	30 %weight	Tier I

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Ocean large	250000 dwt	260000 tonne	18690 km	50 %weight	90 %weight	0.0 %weight	10 %weight	Tier I

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Ocean large	250000 dwt	130000 tonne	17830 km	50 %weight	90 %weight	0.0 %weight	10 %weight	Tier I

Just Klaipeda-Luleå_Bulk carrier_360kton										
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Regional	15000 dwt	360000 tonne	1180 km	55 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	100 %weight	Tier I

Just Klaipeda-Oxelösund_Bulk carrier_180kton										
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Regional	15000 dwt	180000 tonne	420 km	55 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	100 %weight	Tier I

Just Rotterdam-Luleå_Bulk carrier_36kton										
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Regional	15000 dwt	36000 tonne	2270 km	55 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	100 %weight	Tier I

Just Rotterdam-Oxelösund_Bulk carrier_18kton										
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Regional	15000 dwt	18000 tonne	1410 km	55 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	100 %weight	Tier I

Just Le Havre-Luleå_Bulk carrier_250 kton										
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Regional	15000 dwt	250000 tonne	2640 km	55 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	100 %weight	Tier I

Just Gotland-Oxelösund_Bulk carrier_100kton										
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Bulk carrier	Shipment transport - weight	Regional	15000 dwt	100000 tonne	210 km	55 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	100 %weight	Tier I

Just MOR in till Luleå_30 mil_Truck with trailer 40-50 t_34kton										
Vehicle type	Calculation model	Fuel	Road type	Euro class	Road gradient	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Cargo carrier capacity - weight	Fuel consumption
Truck with trailer 40-50 t	Shipment transport - weight	Diesel B5 - Swe	Average road	Euro 4	±2%	34000 tonne	300 km	50 %weight	33 tonne	0.416 l/km

Calculation results

	CO2 total [kg]	CO2 fossil [kg]	CO2 biogen [kg]	CO2e [kg]	CH4 [g]	N2O [g]
Just Malmberget-Luleå_electric cargo train_3000kton						
Well to wheel	1.216e+5	1.182e+5	3378	1.187e+5	8022	1041
Total	1.216e+5	1.182e+5	3378	1.187e+5	8022	1041
Just Malmberget-Luleå_electric cargo train_2000kton						
Well to wheel	5.085e+4	4.944e+4	1412	4.965e+4	3355	435.5
Total	5.085e+4	4.944e+4	1412	4.965e+4	3355	435.5
Just Luleå-Oxelösund_Bulk carrier_1150kton						
Vessel (tank to wheel)	9.309e+6	9.309e+6	0	9.458e+6	9.280e+4	4.930e+5
Fuel (well to tank)	9.103e+5	9.103e+5	0	1.160e+6	9.726e+6	2.244e+4
Total	1.022e+7	1.022e+7	0	1.062e+7	9.819e+6	5.154e+5
Just Brisbane-Luleå_Bulk carrier_400kton						
Vessel (tank to wheel)	2.578e+7	2.578e+7	0	2.618e+7	2.569e+5	1.323e+6
Fuel (well to tank)	2.277e+6	2.277e+6	0	2.919e+6	2.505e+7	5.457e+4
Total	2.805e+7	2.805e+7	0	2.910e+7	2.531e+7	1.377e+6
Just Brisbane-Oxelösund_Bulk carrier_200kton						
Vessel (tank to wheel)	1.244e+7	1.244e+7	0	1.264e+7	1.240e+5	6.385e+5
Fuel (well to tank)	1.099e+6	1.099e+6	0	1.409e+6	1.210e+7	2.635e+4
Total	1.354e+7	1.354e+7	0	1.405e+7	1.222e+7	6.649e+5
Just Wilmington-Luleå_Bulk carrier_400kton						
Vessel (tank to wheel)	9.288e+6	9.288e+6	0	9.433e+6	9.258e+4	4.801e+5
Fuel (well to tank)	8.404e+5	8.404e+5	0	1.076e+6	9.182e+6	2.029e+4
Total	1.013e+7	1.013e+7	0	1.051e+7	9.274e+6	5.003e+5
Just Wilmington-Oxelösund_Bulk carrier_200kton						
Vessel (tank to wheel)	4.203e+6	4.203e+6	0	4.268e+6	4.189e+4	2.172e+5
Fuel (well to tank)	3.803e+5	3.803e+5	0	4.869e+5	4.155e+6	9179
Total	4.583e+6	4.583e+6	0	4.755e+6	4.196e+6	2.264e+5
Just Seattle-Luleå_Bulk carrier_260kton						
Vessel (tank to wheel)	1.254e+7	1.254e+7	0	1.274e+7	1.250e+5	6.435e+5
Fuel (well to tank)	1.108e+6	1.108e+6	0	1.420e+6	1.219e+7	2.655e+4
Total	1.365e+7	1.365e+7	0	1.416e+7	1.231e+7	6.700e+5
Just Seattle-Oxelösund_Bulk carrier_130kton						
Vessel (tank to wheel)	5.982e+6	5.982e+6	0	6.075e+6	5.962e+4	3.069e+5
Fuel (well to tank)	5.284e+5	5.284e+5	0	6.775e+5	5.814e+6	1.266e+4
Total	6.510e+6	6.510e+6	0	6.752e+6	5.874e+6	3.196e+5
Just Klaipeda-Luleå_Bulk carrier_360kton						
Vessel (tank to wheel)	3.658e+6	3.658e+6	0	3.717e+6	3.647e+4	1.937e+5
Fuel (well to tank)	3.577e+5	3.577e+5	0	4.559e+5	3.822e+6	8820
Total	4.016e+6	4.016e+6	0	4.172e+6	3.859e+6	2.025e+5
Just Klaipeda-Oxelösund_Bulk carrier_180kton						
Vessel (tank to wheel)	6.510e+5	6.510e+5	0	6.614e+5	6490	3.448e+4
Fuel (well to tank)	6.366e+4	6.366e+4	0	8.113e+4	6.802e+5	1570
Total	7.147e+5	7.147e+5	0	7.426e+5	6.867e+5	3.605e+4
Just Rotterdam-Luleå_Bulk carrier_36kton						
Vessel (tank to wheel)	7.037e+5	7.037e+5	0	7.150e+5	7015	3.727e+4
Fuel (well to tank)	6.881e+4	6.881e+4	0	8.770e+4	7.353e+5	1697
Total	7.725e+5	7.725e+5	0	8.027e+5	7.423e+5	3.896e+4
Just Rotterdam-Oxelösund_Bulk carrier_18kton						
Vessel (tank to wheel)	2.185e+5	2.185e+5	0	2.221e+5	2179	1.157e+4
Fuel (well to tank)	2.137e+4	2.137e+4	0	2.724e+4	2.284e+5	527.0
Total	2.399e+5	2.399e+5	0	2.493e+5	2.305e+5	1.210e+4
Just Le Havre-Luleå_Bulk carrier_250 kton						
Vessel (tank to wheel)	5.683e+6	5.683e+6	0	5.774e+6	5.666e+4	3.010e+5
Fuel (well to tank)	5.558e+5	5.558e+5	0	7.083e+5	5.938e+6	1.370e+4
Total	6.239e+6	6.239e+6	0	6.483e+6	5.995e+6	3.147e+5
Just Gotland-Oxelösund_Bulk carrier_100kton						
Vessel (tank to wheel)	1.808e+5	1.808e+5	0	1.837e+5	1803	9577
Fuel (well to tank)	1.768e+4	1.768e+4	0	2.254e+4	1.889e+5	436.0
Total	1.985e+5	1.985e+5	0	2.063e+5	1.907e+5	1.001e+4
Just MOR in till Luleå_30 mil_Truck with trailer 40-50 t_34kton						
Vehicle (tank to wheel)	6.527e+5	6.205e+5	3.215e+4	6.244e+5	514.3	1.286e+4
Fuel (well to tank)	>5.721e+4	5.721e+4	>0	6.744e+4	2.969e+5	9414

Total	>7.099e+5	6.777e+5	>3.215e+4	6.918e+5	2.974e+5	2.227e+4
Grand total	>9.974e+7	9.971e+7	>3.694e+4	1.034e+8	9.102e+7	4.912e+6

Environmental performance report

Transport chain description

Start point	End point	Distance [km]	Vehicle type	Comment
Oxelösund, Sverige	Rotterdam, Nederländerna	The routed distance is 1093.16 km, but 1410 km was used for the emission calculation.	General cargo ship	-
Oxelösund, Sverige	Oslo, Norge	The routed distance is 384.74 km, but 1220 km was used for the emission calculation.	General cargo ship	-
Oxelösund, Sverige	Ravenna, Italien	The routed distance is 1621.47 km, but 6960 km was used for the emission calculation.	General cargo ship	-
Oxelösund, Sverige	Wilmington, North Carolina, USA	The routed distance is 7090.88 km, but 8190 km was used for the emission calculation.	General cargo ship	-
Oxelösund, Sverige	Chennai, Tamil Nadu, Indien	The routed distance is 7242.12 km, but 14840 km was used for the emission calculation.	General cargo ship	-
Oxelösund, Sverige	Brisbane Queensland, Australien	The routed distance is 15196.96 km, but 24110 km was used for the emission calculation.	General cargo ship	-
Oxelösund, Sverige	Durban, Sydafrika	The routed distance is 9940.37 km, but 14680 km was used for the emission calculation. km.	General cargo ship	-
Oxelösund, Sverige	Callao, Peru	The routed distance is 11404.71 km, but 12850 km was used for the emission calculation.	General cargo ship	-
Oxelösund, Sverige	Callao, Peru	The routed distance is 11404.71 km, but 12850 km was used for the emission calculation.	General cargo ship	-
Stockholm, Sverige	Chennai, Tamil Nadu, Indien	The routed distance is 7209.08 km, but 15020 km was used for the emission calculation.	Container ship	-
Stockholm, Sverige	Callao, Peru	The routed distance is 11464.53 km, but 13040 km was used for the emission calculation.	Container ship	-
Stockholm, Sverige	Wilmington, North Carolina, USA	The routed distance is 7114.19 km, but 8380 km was used for the emission calculation.	Container ship	-
Stockholm, Sverige	Brisbane Queensland, Australien	The routed distance is 15113.81 km, but 24301 km was used for the emission calculation. k	Container ship	-
Stockholm, Sverige	Durban, Sydafrika	The routed distance is 10000.17 km, but 14870 km was used for the emission calculation.	Container ship	-
Borlänge, Sverige	Umeå, Sverige	574.95	Truck with trailer 40-50 t	-
Borlänge, Sverige	Košice, Slovakien	2289.37	Truck with trailer 34-40 t	-
Borlänge, Sverige	München, Tyskland	1956.22	Truck with trailer 34-40 t	-
Borlänge, Sverige	Trondheim, Norge	565.50	Truck with trailer 34-40 t	-
Borlänge, Sverige	Tallinn, Estland	616.32	Truck with trailer 34-40 t	-
Borlänge, Sverige	Moskva, Ryssland	1645.06	Truck with trailer 34-40 t	-
Borlänge, Sverige	Umeå, Sverige	615.04	Electric cargo train	-
Borlänge, Sverige	Stockholm, Sverige	229.13	Electric cargo train	-
Borlänge, Sverige	München, Tyskland	2247.49	Electric cargo train	-
Borlänge, Sverige	Oslo, Norge	439.81	Electric cargo train	-
Borlänge, Sverige	Košice, Slovakien	2668.16	Electric cargo train	-

Parameter settings

Oxelösund-Rotterdam_408kton										
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
General cargo ship	Shipment transport - weight	Regional	10000 dwt	408000 tonne	1410 km	60 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	100 %weight	Tier I

Oxelösund-Oslo_255kton										
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
General cargo ship	Shipment transport - weight	Regional	10000 dwt	255000 tonne	1220 km	60 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	100 %weight	Tier I

Oxelösund-Ravenna_42 kton										
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
General cargo ship	Shipment transport - weight	Regional	10000 dwt	42000 tonne	6960 km	60 %weight	0.0 %weight	50.0 %weight	50.0 %weight	Tier I

Oxelösund-Wilmington_159kton										
Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
General cargo ship	Shipment transport - weight	Ocean large	50000 dwt	159000 tonne	8190 km	60 %weight	100 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	Tier I

Oxelösund-Chennai_56kton

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
General cargo ship	Shipment transport - weight	Ocean large	50000 dwt	56000 tonne	14840 km	60 %weight	100 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	Tier I

Oxelösund-Brisbane_15kton

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
General cargo ship	Shipment transport - weight	Ocean large	50000 dwt	15000 tonne	24110 km	60 %weight	100 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	Tier I

Oxelösund-Durban_14kton

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
General cargo ship	Shipment transport - weight	Ocean large	50000 dwt	14000 tonne	14680 km	60 %weight	100 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	Tier I

Oxelösund-Callao_8kton

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
General cargo ship	Shipment transport - weight	Ocean large	50000 dwt	8000 tonne	12850 km	60 %weight	100 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	Tier I

Oxelösund-Callao_8kton

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
General cargo ship	Shipment transport - weight	Ocean large	50000 dwt	8000 tonne	12850 km	60 %weight	100 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	Tier I

Stockholm-Chennai_Container_137kton

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Container ship	Shipment transport - weight	Ocean large	160000 dwt	137000 tonne	15020 km	70 %weight	100 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	Tier I

Stockholm-Callao_Container_21kton

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Container ship	Shipment transport - weight	Ocean large	160000 dwt	21000 tonne	13040 km	70 %weight	100 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	Tier I

Stockholm-Wilmington_Container_7kton

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Container ship	Shipment transport - weight	Ocean large	160000 dwt	7000 tonne	8380 km	70 %weight	100 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	Tier I

Stockholm-Brisbane_Container_13kton

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Container ship	Shipment transport - weight	Ocean large	160000 dwt	13000 tonne	24301 km	70 %weight	100 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	Tier I

Stockholm-Durban_container_8kton

Vehicle type	Calculation model	Type of waters	Ship size	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	RO 2.7%S, fuel share	RO 1%S, fuel share	MD 0.1%S, fuel share	NOx emission compliance
Container ship	Shipment transport - weight	Ocean large	160000 dwt	8000 tonne	14870 km	70 %weight	100 %weight	0.0 %weight	0.0 %weight	Tier I

Borlänge-Umeå_Truck with trailer 40-50 t_480kton

Vehicle type	Calculation model	Fuel	Road type	Euro class	Road gradient	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Cargo carrier capacity - weight	Fuel consumption
Truck with trailer 40-50 t	Shipment transport - weight	Diesel B5 - Sve	Average road	Euro 4	±2%	480000 tonne	574.95 km	50 %weight	33 tonne	0.416 l/km

Borlänge-Kosice_Truck with trailer 34-40 t_200kton

Vehicle type	Calculation model	Fuel	Road type	Euro class	Road gradient	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Cargo carrier capacity - weight	Fuel consumption
Truck with trailer 34-40 t	Shipment transport - weight	Diesel B5 - EU	Average road	Euro 4	±2%	200000 tonne	2289.37 km	50 %weight	26 tonne	0.363 l/km

Borlänge-Munchen_Truck with trailer 34-40 t_165kton

Vehicle type	Calculation model	Fuel	Road type	Euro class	Road gradient	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Cargo carrier capacity - weight	Fuel consumption
Truck with trailer 34-40 t	Shipment transport - weight	Diesel B5 - EU	Average road	Euro 4	±2%	165000 tonne	1956.22 km	50 %weight	26 tonne	0.363 l/km

Borlänge-Trondheim_Truck with trailer 34-40 t_95kton

Vehicle type	Calculation model	Fuel	Road type	Euro class	Road gradient	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Cargo carrier capacity - weight	Fuel consumption
Truck with trailer 34-40 t	Shipment transport - weight	Diesel B5 - Sve	Average road	Euro 4	±2%	95000 tonne	565.50 km	50 %weight	26 tonne	0.368 l/km

Borlänge-Tallinn_Truck with trailer 34-40 t_40kton

Vehicle type	Calculation model	Fuel	Road type	Euro class	Road gradient	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Cargo carrier capacity - weight	Fuel consumption
Truck with trailer 34-40 t	Shipment transport - weight	Diesel B5 - EU	Average road	Euro 4	±2%	40000 tonne	616.32 km	50 %weight	26 tonne	0.363 l/km

Borlänge-Moskva_Truck with trailer 34-40 t_20kton

Vehicle type	Calculation model	Fuel	Road type	Euro class	Road gradient	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Cargo carrier capacity - weight	Fuel consumption
Truck with trailer 34-40 t	Shipment transport - weight	Diesel B5 - EU	Average road	Euro 4	±2%	20000 tonne	1645.06 km	50 %weight	26 tonne	0.363 l/km

Borlänge-Umeå_Electric cargo train_180kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Average	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	180000 tonne	615.04 km	60 %weight	0.50	73 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

Borlänge-Stockholm_Electric cargo train_580kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Average	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	580000 tonne	229.13 km	60 %weight	0.50	73 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

Borlänge-Munchen_Electric cargo train_550kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Average	Heavy	Hilly	EU 27 mix	550000 tonne	2247.49 km	60 %weight	0.50	73 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

Borlänge-Oslo_Electric cargo train_100kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Average	Medium	Hilly	Swedish railways supply mix	100000 tonne	439.81 km	60 %weight	0.50	73 %weight	1000 tonne	0.15	0.00

Borlänge-Kosice_Electric cargo train_10kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport - weight	Average	Heavy	Hilly	EU 27 mix	10000 tonne	2668.16 km	60 %weight	0.50	73 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

Calculation results

	CO2 total [kg]	CO2 fossil [kg]	CO2 biogen [kg]	CO2e [kg]	CH4 [g]	N2O [g]
Oxelösund-Rotterdam_408kton						
Vessel (tank to wheel)	7.808e+6	7.808e+6	0	7.926e+6	6.568e+4	3.892e+5
Fuel (well to tank)	7.636e+5	7.636e+5	0	9.731e+5	8.159e+6	1.883e+4
Total	8.572e+6	8.572e+6	0	8.899e+6	8.224e+6	4.080e+5
Oxelösund-Oslo_255kton						
Vessel (tank to wheel)	4.223e+6	4.223e+6	0	4.286e+6	3.552e+4	2.105e+5
Fuel (well to tank)	4.129e+5	4.129e+5	0	5.263e+5	4.412e+6	1.018e+4
Total	4.636e+6	4.636e+6	0	4.812e+6	4.448e+6	2.207e+5
Oxelösund-Ravenna_42 kton						
Vessel (tank to wheel)	4.023e+6	4.023e+6	0	4.082e+6	3.374e+4	1.973e+5
Fuel (well to tank)	3.725e+5	3.725e+5	0	4.763e+5	4.043e+6	9051
Total	4.395e+6	4.395e+6	0	4.559e+6	4.076e+6	2.064e+5
Oxelösund-Wilmington_159kton						
Vessel (tank to wheel)	1.284e+7	1.284e+7	0	1.303e+7	1.074e+5	6.318e+5
Fuel (well to tank)	1.121e+6	1.121e+6	0	1.438e+6	1.238e+7	2.676e+4
Total	1.396e+7	1.396e+7	0	1.447e+7	1.248e+7	6.586e+5
Oxelösund-Chennai_56kton						
Vessel (tank to wheel)	8.196e+6	8.196e+6	0	8.318e+6	6.852e+4	4.032e+5
Fuel (well to tank)	7.151e+5	7.151e+5	0	9.176e+5	7.898e+6	1.708e+4
Total	8.911e+6	8.911e+6	0	9.235e+6	7.967e+6	4.203e+5
Oxelösund-Brisbane_15kton						
Vessel (tank to wheel)	3.567e+6	3.567e+6	0	3.620e+6	2.982e+4	1.755e+5
Fuel (well to tank)	3.112e+5	3.112e+5	0	3.993e+5	3.437e+6	7431
Total	3.878e+6	3.878e+6	0	4.019e+6	3.467e+6	1.829e+5
Oxelösund-Durban_14kton						
Vessel (tank to wheel)	2.027e+6	2.027e+6	0	2.057e+6	1.694e+4	9.971e+4
Fuel (well to tank)	1.768e+5	1.768e+5	0	2.269e+5	1.953e+6	4223
Total	2.204e+6	2.204e+6	0	2.284e+6	1.970e+6	1.039e+5
Oxelösund-Callao_8kton						
Vessel (tank to wheel)	1.014e+6	1.014e+6	0	1.029e+6	8476	4.988e+4
Fuel (well to tank)	8.846e+4	8.846e+4	0	1.135e+5	9.770e+5	2112
Total	1.102e+6	1.102e+6	0	1.142e+6	9.855e+5	5.199e+4
Oxelösund-Callao_8kton						
Vessel (tank to wheel)	1.014e+6	1.014e+6	0	1.029e+6	8476	4.988e+4
Fuel (well to tank)	8.846e+4	8.846e+4	0	1.135e+5	9.770e+5	2112
Total	1.102e+6	1.102e+6	0	1.142e+6	9.855e+5	5.199e+4
Stockholm-Chennai_Container_137kton						
Vessel (tank to wheel)	3.143e+7	3.143e+7	0	3.192e+7	3.032e+5	1.617e+6
Fuel (well to tank)	2.743e+6	2.743e+6	0	3.519e+6	3.029e+7	6.550e+4
Total	3.418e+7	3.418e+7	0	3.544e+7	3.060e+7	1.683e+6
Stockholm-Callao_Container_21kton						
Vessel (tank to wheel)	4.183e+6	4.183e+6	0	4.248e+6	4.035e+4	2.152e+5
Fuel (well to tank)	3.650e+5	3.650e+5	0	4.684e+5	4.031e+6	8716
Total	4.548e+6	4.548e+6	0	4.717e+6	4.072e+6	2.239e+5
Stockholm-Wilmington_Container_7kton						
Vessel (tank to wheel)	8.961e+5	8.961e+5	0	9.100e+5	8644	4.610e+4
Fuel (well to tank)	7.818e+4	7.818e+4	0	1.003e+5	8.635e+5	1867
Total	9.743e+5	9.743e+5	0	1.010e+6	8.722e+5	4.797e+4
Stockholm-Brisbane_Container_13kton						
Vessel (tank to wheel)	4.826e+6	4.826e+6	0	4.901e+6	4.655e+4	2.483e+5
Fuel (well to tank)	4.211e+5	4.211e+5	0	5.403e+5	4.651e+6	1.006e+4
Total	5.247e+6	5.247e+6	0	5.441e+6	4.697e+6	2.583e+5
Stockholm-Durban_container_8kton						
Vessel (tank to wheel)	1.817e+6	1.817e+6	0	1.846e+6	1.753e+4	9.349e+4
Fuel (well to tank)	1.586e+5	1.586e+5	0	2.035e+5	1.751e+6	3786
Total	1.976e+6	1.976e+6	0	2.049e+6	1.769e+6	9.728e+4
Borlänge-Umeå_Truck with trailer 40-50 t_480kton						
Vehicle (tank to wheel)	1.766e+7	1.679e+7	8.697e+5	1.689e+7	1.392e+4	3.479e+5
Fuel (well to tank)	>1.548e+6	1.548e+6	>0	1.825e+6	8.033e+6	2.547e+5
Total	>1.921e+7	1.834e+7	>8.697e+5	1.872e+7	8.047e+6	6.026e+5
Borlänge-Kosice_Truck with trailer 34-40 t_200kton						

Vehicle (tank to wheel)	3.352e+7	3.191e+7	1.611e+6	3.214e+7	3.836e+4	7.671e+5
Fuel (well to tank)	>3.423e+6	3.423e+6	>0	4.469e+6	3.423e+7	6.390e+5
Total	>3.695e+7	3.534e+7	>1.611e+6	3.661e+7	3.427e+7	1.406e+6
Borlänge-Munchen_Truck with trailer 34-40 t_165kton						
Vehicle (tank to wheel)	2.363e+7	2.250e+7	1.136e+6	2.266e+7	2.704e+4	5.408e+5
Fuel (well to tank)	>2.413e+6	2.413e+6	>0	3.151e+6	2.413e+7	4.505e+5
Total	>2.605e+7	2.491e+7	>1.136e+6	2.581e+7	2.416e+7	9.912e+5
Borlänge-Trondheim_Truck with trailer 34-40 t_95kton						
Vehicle (tank to wheel)	3.860e+6	3.670e+6	1.901e+5	3.697e+6	3042	9.125e+4
Fuel (well to tank)	>3.383e+5	3.383e+5	>0	3.988e+5	1.756e+6	5.567e+4
Total	>4.198e+6	4.008e+6	>1.901e+5	4.096e+6	1.759e+6	1.469e+5
Borlänge-Tallinn_Truck with trailer 34-40 t_40kton						
Vehicle (tank to wheel)	1.805e+6	1.718e+6	8.674e+4	1.731e+6	2065	4.130e+4
Fuel (well to tank)	>1.843e+5	1.843e+5	>0	2.406e+5	1.843e+6	3.441e+4
Total	>1.989e+6	1.903e+6	>8.674e+4	1.971e+6	1.845e+6	7.571e+4
Borlänge-Moskva_Truck with trailer 34-40 t_20kton						
Vehicle (tank to wheel)	2.409e+6	2.293e+6	1.158e+5	2.310e+6	2756	5.512e+4
Fuel (well to tank)	>2.460e+5	2.460e+5	>0	3.212e+5	2.460e+6	4.592e+4
Total	>2.655e+6	2.539e+6	>1.158e+5	2.631e+6	2.463e+6	1.010e+5
Borlänge-Umeå_Electric cargo train_180kton						
Well to wheel	2.581e+4	2.509e+4	716.9	2.520e+4	1703	221.0
Total	2.581e+4	2.509e+4	716.9	2.520e+4	1703	221.0
Borlänge-Stockholm_Electric cargo train_580kton						
Well to wheel	3.098e+4	3.012e+4	860.5	3.025e+4	2044	265.3
Total	3.098e+4	3.012e+4	860.5	3.025e+4	2044	265.3
Borlänge-Munchen_Electric cargo train_550kton						
Well to wheel	1.761e+7	1.761e+7	0	>1.846e+7	3.402e+7	>0
Total	1.761e+7	1.761e+7	0	>1.846e+7	3.402e+7	>0
Borlänge-Oslo_Electric cargo train_100kton						
Well to wheel	1.576e+4	1.532e+4	437.7	1.539e+4	1040	135.0
Total	1.576e+4	1.532e+4	437.7	1.539e+4	1040	135.0
Borlänge-Kosice_Electric cargo train_10kton						
Well to wheel	3.801e+5	3.801e+5	0	>3.985e+5	7.343e+5	>0
Total	3.801e+5	3.801e+5	0	>3.985e+5	7.343e+5	>0
Grand total	>2.046e+8	2.008e+8	>4.011e+6	>2.080e+8	1.939e+8	>7.939e+6

Environmental performance report

Transport chain description

Start point	End point	Distance [km]	Vehicle type	Comment
Luleå, Sverige	Borlänge, Sverige	989.57	Electric cargo train	-
Oxelösund, Sverige	Göteborg, Sverige	395.18	Electric cargo train	-
Borlänge, Sverige	Göteborg, Sverige	449.20	Electric cargo train	-

Parameter settings

Internal Luleå-Borlänge_electric cargo train_2000kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport-weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	2000000 tonne	989.57 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

Internal Oxelösund-Göteborg_electric cargo train_420kton													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport-weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	420000 tonne	395.18 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

Internal Borlänge - Göteborg													
Vehicle type	Calculation model	Cargo type	Train size	Topography	Electricity source	Shipment weight	Distance	Cargo load factor - weight	Empty positioning factor	Max payload:Gross weight ratio	Train weight	Transmission losses	Brake regeneration
Electric cargo train	Shipment transport-weight	Bulk	Heavy	Hilly	Swedish railways supply mix	130000 tonne	449.20 km	100 %weight	0.80	75 %weight	2000 tonne	0.15	0.00

Calculation results

	CO2 total [kg]	CO2 fossil [kg]	CO2 biogen [kg]	CO2e [kg]	CH4 [g]	N2O [g]
Internal Luleå-Borlänge_electric cargo train_2000kton						
Well to wheel	4.161e+5	4.045e+5	1.156e+4	4.063e+5	2.745e+4	3564
Total	4.161e+5	4.045e+5	1.156e+4	4.063e+5	2.745e+4	3564
Internal Oxelösund-Göteborg_electric cargo train_420kton						
Well to wheel	3.489e+4	3.393e+4	969.3	3.407e+4	2302	298.9
Total	3.489e+4	3.393e+4	969.3	3.407e+4	2302	298.9
Electric cargo train						
Well to wheel	1.228e+4	1.194e+4	341.0	1.199e+4	810.0	105.2
Total	1.228e+4	1.194e+4	341.0	1.199e+4	810.0	105.2
Grand total	4.633e+5	4.504e+5	1.287e+4	4.523e+5	3.056e+4	3968