

Vestlandsforskning-notat nr. 2/2016

# Miljøkonsekvenser av returtretransport

Hans Jakob Walnum



## Vestlandsforsking notat

<b>Tittel</b> Miljøkonsekvenser av returtretransport	<b>Notatnummer</b> 2/2016 <b>Dato</b> 19.12.2016 oppdatert 12.01.2017 <b>Gradering</b> Open
<b>Prosjekttittel</b> MiljøSimas	<b>Tal sider</b> 15 <b>Prosjektnr</b> 6443
<b>Forskar(ar)</b> Hans Jakob Walnum	<b>Prosjektansvarleg</b> Hans Jakob Walnum
<b>Oppdragsgivar</b> Simas IKS	<b>Emneord</b> Transport, CO <sub>2</sub> , skip og lastebil

### Samandrag

Denne studien har blitt gjennomført i november og desember 2016 på oppdrag fra SIMAS IKS, og har blitt oppdatert 12 januar 2017. Studien har sammenlignet frakt av returtre med båt og lastebil, og spesifikt sett på hvilke CO<sub>2</sub> utslipp det er for ulike transportvalg ved frakt av returtre. Lastebiltransport foregår fra SIMAS IKS sitt anlegg i Festingdalen til Linköping, mens overgang til båt innebærer transport fra Kaupanger kai til Södertalje og Delfzijl. Denne studien viser at skipstransport til Södertalje medfører i gjennomsnitt en økning på 8 prosent i CO<sub>2</sub> utslipp framfor å frakte tilsvarende mengde returtre med lastebil til Linköping. Dette skyldes hovedsakelig en mye lengre transportdistanse for skipstransporten på ca 1 000 km. Skip er klart mer effektivt som transportmiddel, men den lange distansen skipene går til Södertalje vil utligne dette. Allikevel viser studien at de mest drivstoffeffektive skipene vil gi CO<sub>2</sub> besparelser til Södertalje sammenlignet med å transportere returtre med lastebil til Linköping. Studien viser entydig at skipstransport til Delfzijl er å foretrekke framfor både skipstransport til Södertalje og veitransport til Linköping. Beregningene viser at skipstransport av returtre til Delfzijl i gjennomsnitt gir en reduksjon i CO<sub>2</sub> utslipp på 26 prosent sammenlignet med lastebiltransport til Linköping.

### Andre publikasjoner frå prosjektet

**ISBN:**

**Pris:** Gratis på nett

## Innhold

1.0 Innledning .....	3
2.0 Metode.....	4
3.0 Diskusjon .....	10
4.0 Konklusjon .....	14
Referanser .....	15
Vedlegg skipsinformasjon.....	16
Figur 1 Prosentvis fordeling av distanser i km etter ulike veistrekninger .....	6
Figur 2 Prosentvis fordeling av CO <sub>2</sub> -utslipp etter ulike veistrekning .....	6
Figur 3 Prosentvis fordeling av gjennomsnittlig CO <sub>2</sub> utslipp forbundet med skipstransport fra Kaupanger til Delfzijl etter utslippskilde.....	9
Figur 4 Prosentvis fordeling av gjennomsnittlig CO <sub>2</sub> utslipp forbundet med skipstransport fra Kaupanger til Södertälje etter utslippskilde.....	9
Figure 5 CO <sub>2</sub> gram per tonnkm for skipstransport til Delfzijl for skip sammenlignet med lastebiltransport.....	10
Figur 6 CO <sub>2</sub> gram per tonnkm for skipstransport til Södertälje sammenlignet med lastebiltransport. ..	11
Figur 7 Totale CO <sub>2</sub> utslipp i kg for sjøtransport til Södertälje sammenlignet med å transportere tilsvarende mengde returtre på vei til Linköping.....	12
Figur 8 totale CO <sub>2</sub> utslipp i kg for sjøtransport til Delfzijl for skip sammenlignet med å transportere tilsvarende mengde returtre med vei transport til Linköping.....	13
Figur 9 Sammenligning av ulike transportalternativ for frakt av returtremengde på 2 983 tonn.....	14

## 1.0 Innledning

---

Vestlandsforskning skal på oppdrag fra SIMAS IKS gjennomføre en analyse av miljøkonsekvenser for returtretransport. Det som skal vurderes er hvordan utslipp av CO<sub>2</sub> endrer seg ved overgang fra dagens transport av returtre med lastebil til å frakte returtre med skip. Dagens transport foregår med semitrailer fra SIMAS IKS sitt anlegg i Festingdalen på Kaupanger til Linköping, mens en overgang til båt vil innebære transport fra Kaupanger kai til Södertälje og Delfzijl.

I våre beregninger har vi forsøkt å gjøre metoden så realistisk som mulig i forhold til valget mellom skip og lastebiltransport for å frakte returtre fra SIMAS IKS. Forutsetning for analysene er at 2983 tonn returtre er rent trevirke og ikke kommer inn under regelverket for farlig avfall, avfallsforskriften kap. 11. Vi har i dette arbeidet basert oss på tre kilder (1) en studie gjennomført for Lerum Frakt, som viser detaljert hvordan drivstofforbruket endrer seg knytt til ulike ruter, vekt og hastighet (Walnum & Simonsen, 2015). Denne studien har vi brukt som utgangspunkt for å finne fram til CO<sub>2</sub> utslipp fra veitransport. (2) For skip har vi tatt utgangspunkt i spesifikke skip som frakter returtre i dag, og er aktuelle for å frakte returtre fra Kaupanger. Vi har innhentet detaljert informasjon om disse skipene fra skipsdatabaser, og vi har beregnet deres drivstofforbruk basert på metoder presentert i andre og tredje IMO rapport om klimagassutslipp fra skip (Buhaug et al., 2009; Smith et al., 2014). (3) I løpet av arbeidet med dette notatet har vi innhentet en betydelig mengde informasjon fra logistikkmedarbeider Ole Johan Harbak og Sølvi Karlsbakk som jobber med salg av returtre for Lindum. Lindum er ansvarlig for transporten til SIMAS IKS.

I første del av notatet vil vi beskrive nøye våre beregningsmetoder. Vi sammenligner deretter skips- og lastebiltransport i forhold til hvor transporteffektive de er, og hvordan skip kommer ut sammenlignet med frakt av lik mengde returtre med lastebil. Tilslutt i notatet kommer vi med en anbefaling om hvilke transportløsninger som gir de største CO<sub>2</sub> besparelsene.

## 2.0 Metode

For lastebiler velger vi å ta utgangspunkt i drivstofforbruk innhentet fra et prosjekt gjennomført av Vestlandsforskning for Lerum Frakt (Walnum & Simonsen, 2015). Dataen ble innsamlet gjennom flåtestyringssystemet Dynafleet som registrerte drivstofforbruk, og en rekke andre variabler som hastighet, bruk av maksimalt kraftuttak, bruk av høyeste gir, start og stopp, utrulling og tomgangskjøring m.m. Dette gjorde det mulig å bruke regresjonsanalyser for å finne ut hva som påvirkere drivstofforbruket. Alle lastebilene som inngikk i analysen hadde Euro 5 standard, og de fleste av lastebilene var semitrailere.

Data fra lastebilene til Lerum Frakt sine biler ble innsamlet, i perioden 2012-13, i samme område som transporten av returtre fra SIMAS IKS foregår med unntak av at det bare ble registrerte data på turer innad i Norge. Vi antar i denne studien at lastebilene har med seg 21,77 tonn returtre per tur (pers.komm. e-post 14.11.2016). Det er avgjørende å ta hensyn til lastvekt fordi det påvirker drivstofforbruket i stor grad (Nylund & Erkkilä, 2005). For kjøring i Norge fra SIMAS IKS sitt anlegg i Festingdalen fram til Ski antar vi at gjennomsnittforbruket for lastebilen er på 4,9 liter per mil, beregnet verdi har tatt utgangspunkt i gjennomsnittverdier oppført i tabell 2 s. 115 i Walnum & Simonsen (2015), og vi har justert tall for å ta hensyn til at vekta er mindre knytt til returtre transporten

sammelnegnet med gjennomsnittsverdien på 25,39 tonn i tabell 2. Våre tall for drivstofforbruk tar hensyn til topografi, kurvatur og infrastruktur, det er velkjent at dette påvirker drivstofforbruk i stor grad, og det brukes f.eks. mer drivstoff i oppoverbakke enn det som blir kompensert for ved nedstigning (Demir, Bektaş, & Laporte, 2014; Strand, Næss, Tennøy, & Steinsland, 2009). Vi antar at kjøring som foregår mellom Ski og Linköping, for det meste innad i Sverige, foregår på vesentlig bedre veier. Vi antar derfor at motorbelastning dvs. bruk av maksimalt kraftuttak er vesentlig lavere enn ved kjøring fra Vestlandet til Østlandet. På den annen side kan bedre forhold i Sverige med hastigheter over 80km/t føre til at drivstofforbruket stiger selv om kjøreforholdene generelt sett er bedre enn i Norge (Gkatzoflias & Ntziachristos, 2010). Med utgangspunkt i tabell 2 fra Walnum og Simonsen 2015 s. 115 justerer vi her inn at lastebilene kjører på en måte som utnytter forholdene til å spare drivstoff, og et drivstofforbruk på 3,8 liter mila for denne strekningen.

I tillegg tilskriver vi tomtransport fra Førde og Bergen, til henting av returtre på Simas IKS sitt anlegg, som en del av drivstofforbruket og CO<sub>2</sub>-utslippet. Årsaken til dette er at dette er turer som ikke ville blitt gjennomført hadde det ikke vært for transport av returtre fra Kaupanger (pers.komm.). For disse turene med tomtransport antar vi et drivstofforbruk på 3.85 liter per mil, et forbrukstall som tar hensyn til redusert vekt, og at kjøring foregår i krevende infrastruktur på Vestlandet. Vi antar i våre kalkulasjoner at det er like mange turer fra henholdsvis Bergen og Førde.

For å konvertere drivstofforbruk oppgitt i liter til kg CO<sub>2</sub> tar vi utgangspunkt i omregningsfaktor på 2,688<sup>1</sup> som oppgitt av SSB. Basert på opplysninger fra SIMAS IKS (e-post 14.11.2016) antar vi at total transportmengde er 2983 tonn, med et snitt på 21,77 tonn, noe som gir 137 turer til Linköping.

Distansen til Linköping er beregnet til å være 736 kilometer (google.map).

CO<sub>2</sub>-utslippet er beregnet på følgende måte:

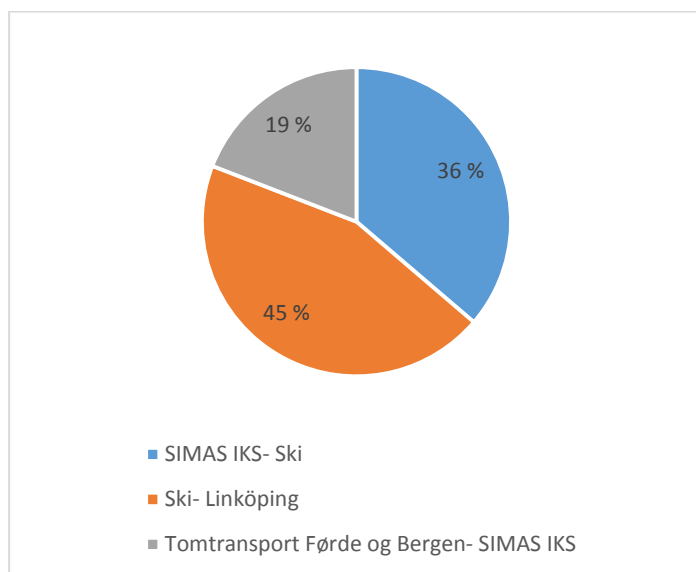
$$\begin{aligned} & CO_2 \text{ kjøring i Norge } (330 \text{ km} \times (0,490 \text{ liter} \times 2,688)) + CO_2 \text{ kjøring i Sverige } (406 \text{ km} \times (0,382 \text{ liter} \times 2,688)) \\ & + CO_2 \text{ tomkjøring, distanse Bergen} \div \text{distanse Førde} \left( \frac{228}{122} \times (0,385 \times 2,688) \right) \times \text{antall turer (137)} \\ & = CO_2 \text{ totalt fra lastebiltransport} \end{aligned}$$

Tabell 1 Distanse i km og CO<sub>2</sub> utslipp i kg for lastebiltransport av 2 983 tonn returtre fra SIMAS IKS til Linköping.

Strekning	Distanse i kilometer	CO <sub>2</sub> utslipp i kg
SIMAS IKS- Ski	330	59 302
Ski- Linköping	406	57 101
Tomtransport Førde og Bergen- SIMAS IKS, vekta gjennomsnitt	174	24 711
<b>Totalt</b>	<b>910</b>	<b>141 115</b>

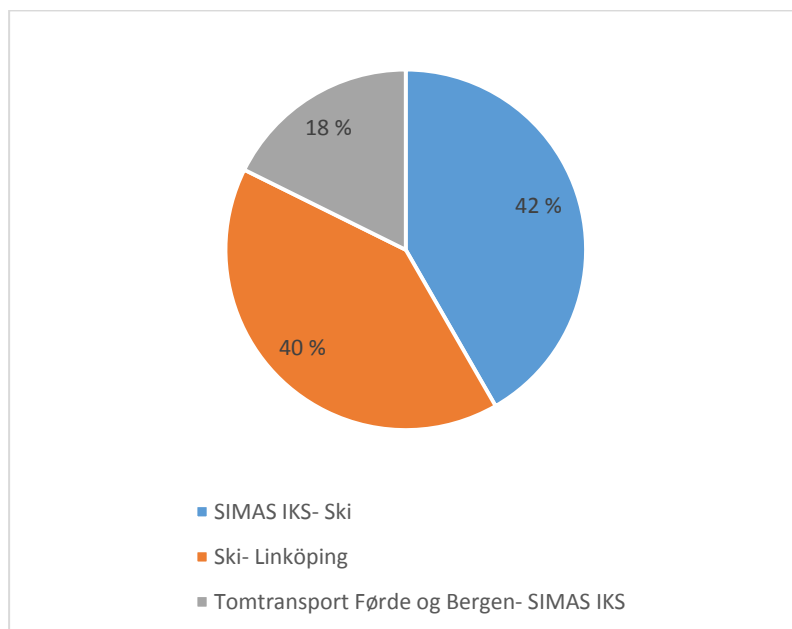
<sup>1</sup> Se Toutain, J.E.W, Taarneby, G., Selvig, E.(2008): *Energibruk og utslipp til luft fra innenlandsk transport*, Tabell 2.1 side 15 og Tabell 2.6 side 19.  
[http://www.ssb.no/emner/01/03/10/rapp\\_200849/rapp\\_200849.pdf](http://www.ssb.no/emner/01/03/10/rapp_200849/rapp_200849.pdf)

Figur 1 viser den prosentvise andelen av kilometer kjørt i forbindelse med returtretransport knytt til ulike strekninger.



Figur 1 Prosentvis fordeling av distanser i km etter ulike veistrekninger

Figur 1 viser at største delen av transporten til Linköping er på distansen fra Ski til Linköping som utgjør 45% av total kjøredistanse. Tomtransport utgjør 19% prosent i denne studien, dette er noe under det nasjonale gjennomsnittet på 25,5 prosent<sup>2</sup>. Figur 2 viser hvordan CO<sub>2</sub> utslippet fordeler seg prosentvis for ulike strekninger.



Figur 2 Prosentvis fordeling av CO<sub>2</sub>-utslipp etter ulike veistrekning

Figur 2 viser at strekningen fra Festingdalen til Ski utgjør mest i forhold til beregnet CO<sub>2</sub> utslipp, dette skyldes at topografi og kurvatur påvirker drivstofforbruk i mye større grad enn for strekninga Ski-Linköping.

<sup>2</sup> <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/lbunasi/kvartal/2015-10-30>, tall fra 2. kvartal 2015.

For skip tar vi utgangspunkt i spesifikke skip, som Lindum bruker i dag for retutrettransport, for å beregne CO<sub>2</sub> utslippet (pers. komm. e-post 24-11-2016). Vi har innhentet opplysninger om skipene fra databasen SeaWeb, her opplyses det om motorkapasitet, alder på skipet og lastekapasitet (se vedlegg). Det er bare et av skipene som opplyser sitt spesifikke drivstofforbruk i databasen, vi har dermed måtte anvende en metode for å beregne drivstofforbruk basert på motorkapasitet, og vi har fulgt beregningsmetoder for drivstofforbruk og CO<sub>2</sub>-utslipp som beskrevet i den andre og tredje IMO-rapporter om klimagassutslipp fra skip (Buhaug et al., 2009; Smith et al., 2014).

Vi har antatt at skipene har en gjennomsnittshastighet på 10 knop, dette er basert på observasjoner av skipene, ved bruk av internettjenesten MarineTraffic, for seiling i åpent hav. Tjenesten gjør det mulig å følge skipsbevegelser og deres hastighet gjennom AIS (automatisk identifikasjonssystem). Basert på opplysninger fra Lindum (pers.komm. e-post 16-12-2016) har vi antatt at 24 timer er brukt til liggetid i havn for både lasting og lossing av returtre. Vi har ikke tatt med at det kan være mindre hastighet knytt til manøvrering inn til havn, og vi antar at dette har mye mindre betydning for drivstofforbruk enn det har for større skip som er mer krevende å manøvrere i havneområder.

For å finne fram til distanser har vi benyttet Voyage planner<sup>3</sup>, som ikke baserer seg av korteste rute, men på faktiske rutevalg basert på AIS-data for skip som har gått mellom havnene. Ved hjelp av Voyage planner var det ikke mulig å finne en direkte rute mellom Kaupanger- Delfzijl og Kaupanger-Linköping, men vi fant rutedistanse mellom Kaupanger og Bergen. Derfor er distansene til den nederlandske og svenske havnen beregnet via Bergen.

Tabell 2 Distanser i nautisk mil og seilingstid i timer er benyttet i våre beregninger:

Strekning	Distanse i nautisk mil	Distanse i km	Seilingstid i timer	Lossing og lasting i timer
Bergen- Kaupanger	119	220	11.9	
Kaupanger- Delfzijl	572	1 059	57.2	48
Kaupanger- Södertalje	949	1 758	94.9	48

CO<sub>2</sub> utslipp for framdrift knytt til hvert enkelt skip har blitt beregnet på følgende måte:

$$\begin{aligned}
 & (\text{verdi for drivstofforbruk hovedmotor} \times (\text{kapasitet hovedmotor i kW} \times \text{motorbelastning})) \\
 & + (\text{verdi for drivstofforbruk hjelpemotor} \\
 & \times (\text{gjennomsnittlig verdi for hjelpemotorbelastning}) \times \text{Seilingstid} \\
 & \times \text{omregningfaktor fra drivstoff til CO}_2 \text{ utslipp}
 \end{aligned}$$

Verdier for drivstofforbruk i hovedmotor er hentet fra tabell A1.2 s. 139 i andre IMO-rapport (Buhaug et al., 2009). Kapasitet for hovedmotor er innhentet fra databasen SeaWeb<sup>4</sup>. Vi har brukt en gjennomsnittlig motorbelastningsverdi på 65% av hovedmotor for skipstypen «general cargo» hentet fra tabell A1.8 s. 144 i andre IMO-rapport (Buhaug et al., 2009). Verdier for drivstofforbruk i hjelpemotor på 225 g/kWh er hentet fra tredje IMO-rapport tabell 50 s. 110, mens gjennomsnittligverdi for hjelpemotorbelastning på 60 kW er hentet fra tabell 6 i annex 1 s. 169 i tredje IMO-rapport (Smith

<sup>3</sup> Se <https://www.marinetraffic.com/no/voyage-planner> sist åpnet 17. desember 2016.

<sup>4</sup> [http://www.sea-web.com/seaweb\\_welcome.aspx](http://www.sea-web.com/seaweb_welcome.aspx) sist åpnet 17 desember 2016. Spesifikk skipsinformasjon brukt i våre kalkulasjoner som er hentet fra SeaWeb ligger som vedlegg til dette notatet.

et al., 2014). Antatt seilingstid er hentet fra tabell 2 i dette notatet. Vi har antatt en omregningsfaktor fra drivstofforbruk av marindiesel til CO<sub>2</sub> på 3,206 hentet fra tredje IMO-rapport tabell 34 s. 196 .

CO<sub>2</sub> utslipp knytt til liggetid i havn er blitt beregnet på følgende måte:

$$(verdi\ for\ drivstofforbruk\ hjelpemotor \times (gjennomsnittlig\ verdi\ for\ hjelpemotorbelastning)) \times liggetid\ i\ havn \\ \times\ omregningsfaktor\ fra\ drivstoff\ til\ CO_2\ utslipp$$

Verdien for hjelpemotorbelastning i havn er 120kW, mens det spesifikke drivstofforbruket og omregningsfaktor fra drivstoff til CO<sub>2</sub> er de samme som beskrevet over. Vi har i våre beregninger antatt en liggetid i havn på 48 timer knytt til lossing og lasting (pers.komm.).

Frakt av returtre med lastebil fram til kai på Kaupanger er beregnet på følgende måte:

$$CO_2\ kj\oring\ fra\ SIMAS\ IKS\ til\ Havnebakken\ (5.5\ km \times (0,480\ liter \times 2,688)) \\ +\ CO_2\ tomkj\oring\ fra\ SIMAS\ IKS\ til\ havnebakken\ (0,385 \times 2.688) \times\ antall\ turer\ (varier\ per\ skip) \\ =\ CO_2\ totalt\ for\ frakt\ av\ returtre\ til\ Kaupanger\ kai$$

Samme formel som over er brukt for å beregne ekstra transport på 15 km tur/retur (pers.komm.16.12.2016) for returtrelevering hos forbrenningsanlegget i Delfzijl. For Södertalje er det ikke antatt noen sluttleveringstransport siden anlegget ligger ved kaia (pers.komm. e-post 16.12.2016). For denne transporten har vi antatt en lastekapasitet på 20 tonn for lastebilene.

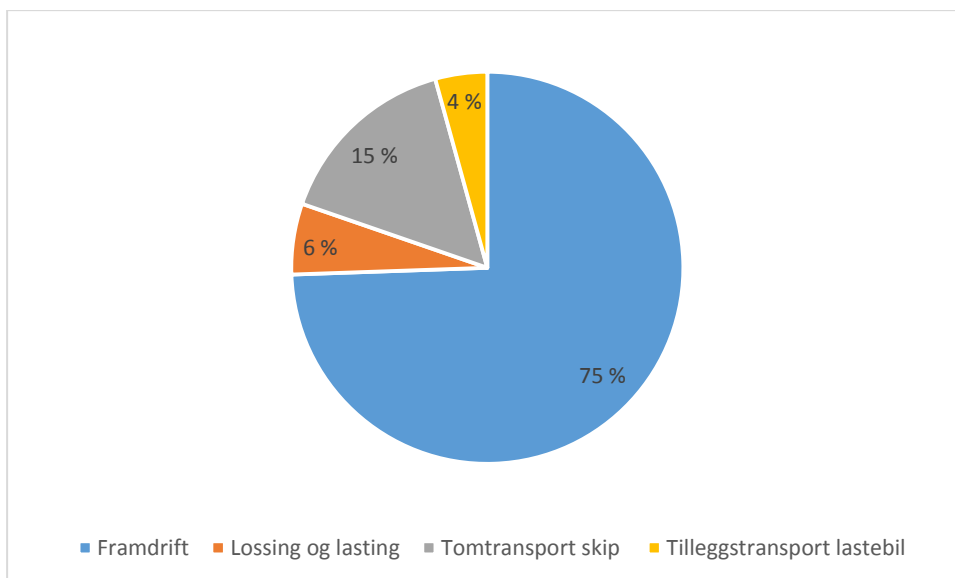
Vi har i våre beregninger antatt tomtransport med skip fra Bergen til Kaupanger, og tilskrevet dette som en del av CO<sub>2</sub>-utslippet i forbindelse med skipstransport. Til forskjell fra lastebiltransport påvirket ikke drivstofforbruket på skip av lastmengde i stor grad. Hvilken tilleggstransport som skal beregnes er veldig avhengig av markedet akkurat i det båten losses, og det blir opplyst fra logistikkseksjonen i Lindum at hovedutfordringen for å laste i Kaupanger er distansen fra Nordsjøen, og at i noen tilfeller kan båter gå uten last, i ballast, helt fra Mosjøen til Bergen (pers.komm. e-post 7.12.2016).

Tabell 3 CO<sub>2</sub> utslipp for ulike skip, gjennomsnittlig for skip og tilleggstransport med lastebil per tur.

Skip	CO <sub>2</sub> utslipp i kg Kaupanger-Delfzijl	CO <sub>2</sub> utslipp i kg Kaupanger- Södertalje
SWE-carrier	92 162	140 177
Abus albufeira	49 614	74 415
Kertu	74 537	112 935
Anetta	52 073	78 216
Brufjell	61 912	90 902
Kadri	77 992	118 277
Gjennomsnittlig CO <sub>2</sub> utslipp for skip	68 048	102 487
Tilleggstransport med lastebil	3 764	1 599
<b>Totalt gjennomsnittlig CO<sub>2</sub> utslipp i kg</b>	<b>71 812</b>	<b>104 086</b>

Tabell 3 viser hvordan det gjennomsnittlige CO<sub>2</sub>-utslippet fordeler seg etter framdrift, lossing og lasting i havn, tilleggstransport med lastebil og tomtransport med skip fra Bergen til Kaupanger. For turer fra Kaupanger til Delfzijl. Tabell 3 viser at det i gjennomsnitt er en CO<sub>2</sub> besparelse på 31 prosent for skipstransport av returtre til Delfzijl sammenlignet med Södertalje.

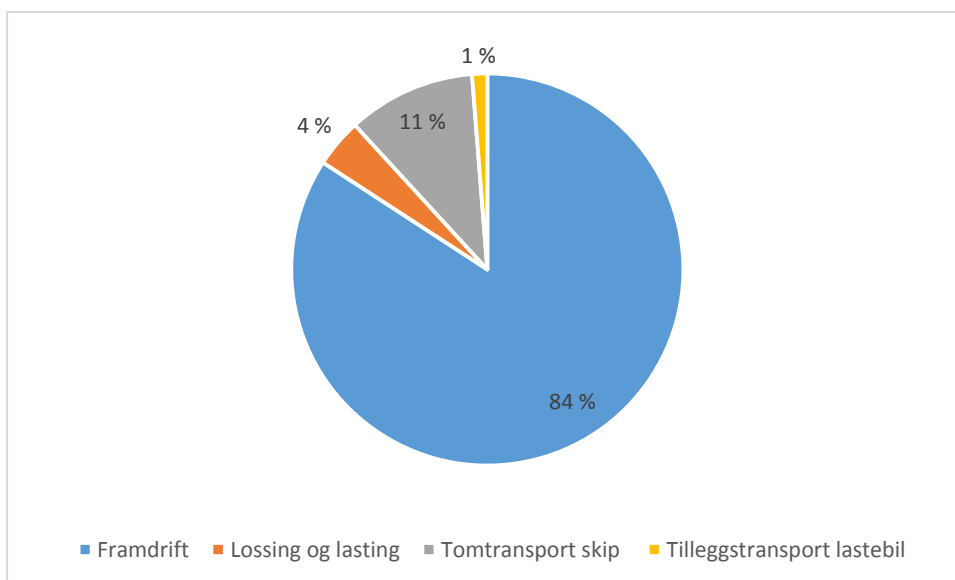




Figur 3 Prosentvis fordeling av gjennomsnittlig CO<sub>2</sub> utslipp forbundet med skipstransport fra Kaupanger til Delfzijl etter utslippskilde.

Figur 3 viser at størstedelen av de samlede CO<sub>2</sub> utslippene kommer fra framdrift av skipet etter at det er losset. Tomtransport med skip har en andel på 15% av CO<sub>2</sub> utslippet, noe lavere enn for lastebil. Tomtransport andelen vil bli redusert hvis skipene har levering ved Kaupanger kai. Lossing og lasting samt tilbringer transport utgjør til sammen 10% av det gjennomsnittlig utslippet forbundet med returtre transport fra Kaupanger til Delfzijl.

Figur 4 viser hvordan det gjennomsnittlige CO<sub>2</sub>-utslippet fordeler seg i forbindelse med turer fra Kaupanger til Södertalje.



Figur 4 Prosentvis fordeling av gjennomsnittlig CO<sub>2</sub> utslipp forbundet med skipstransport fra Kaupanger til Södertalje etter utslippskilde.

Ved seiling til Södertalje står framdrift for 9 prosent større andel av CO<sub>2</sub> utslippet sammenlignet med Delfzijl, dette skyldes hovedsakelig at det er om lag 700 km lengre distanse enn til Delfzijl.

### 3.0 Diskusjon

Det første vi vil se på er å sammenligne effektiviteten mellom skips og lastebiltransport ved hjelp av tonnkm, dvs. CO<sub>2</sub> utslippet forbundet med å transportere ett tonn en kilometer. Ved å sammenligne på denne måte får vi fram den relative transporteffektiviteten mellom skips og lastebiltransport, og det gir mulighet til å sammenligne våre funn med tidligere studier. Figuren under viser CO<sub>2</sub> uttrykt i gram CO<sub>2</sub> per tonnkm for lastebiltransport, ulike skip og gjennomsnittskipet. For å komme fram til antall tonn som skipet frakter har vi tatt utgangspunkt i lastekapasiteten til det enkelte skip, og har antatt 0,333 tonn per m<sup>3</sup>.

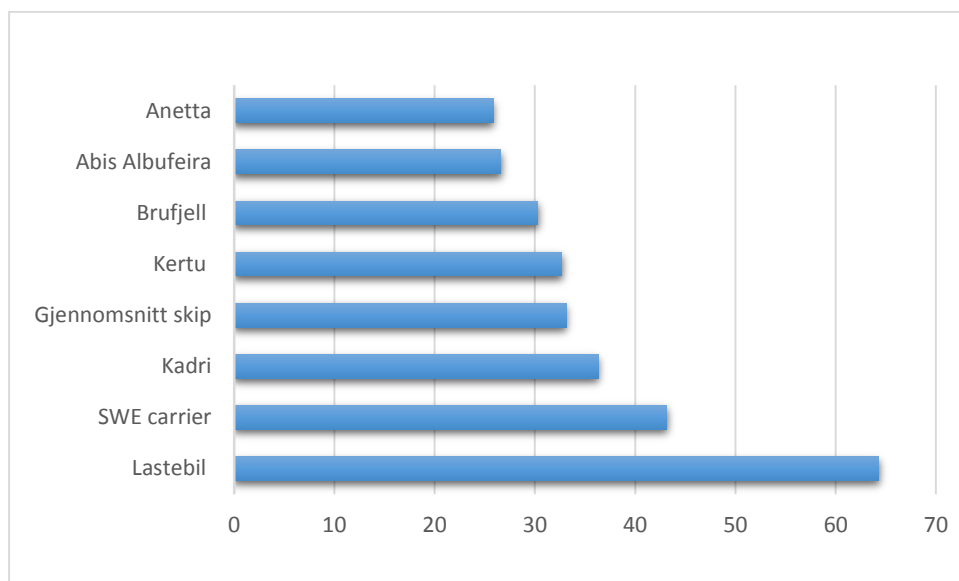
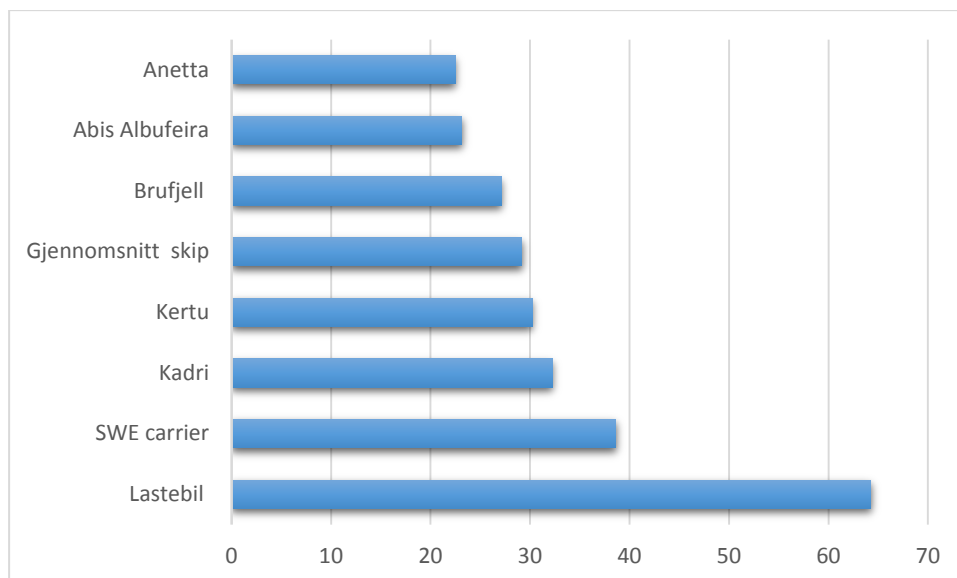


Figure 5 CO<sub>2</sub> gram per tonnkm for skipstransport til Delfzijl for skip sammenlignet med lastebiltransport.

Våre kalkulasjoner har avdekket at skipstransport er mer effektivt målt per tonnekm enn lastebiltransport. Gjennomsnittlig CO<sub>2</sub> per tonnkm i gram er beregnet til å være 32 g/CO<sub>2</sub> med variasjon fra 26 g/CO<sub>2</sub> til 43 g/CO<sub>2</sub> per tonnkm for transport til Delfzijl. For lastebiler er CO<sub>2</sub> per tonnkm antatt til å være 64.3 g/CO<sub>2</sub> per tonnkm. Det er altså mellom 1,5 til 2,5 ganger mer effektivt å flytte returtre med skip, gjennomsnittlig forbedring er 1,9 ganger tilsvarende en nedgang på 48 prosent CO<sub>2</sub> per tonnkm ved overgang fra vei til sjø for frakt av returtre. Dette skyldes at utnyttingsgraden for skipene er høyere enn for lastebiler, man kan pakke lasten tettere på et skip. Dette gjelder også for returtre. Med et antatt snitt på en lastekapasitet på 2 000 tonn for 6000 m<sup>3</sup> gir dette 3 m<sup>3</sup> per tonn, en semitrailer har en lastekapasitet på mellom 75 og 90 m<sup>3</sup>, altså et snitt på om lag 3,8 m<sup>3</sup> per tonn returtre<sup>5</sup>.

Bildet endrer seg noe for turer til Södertälje og enda mer i favør av skip, sammenlignet med lastebiltransport. Framdriften på sjø utgjør en større del av reisen, derfor blir skipene enda mer effektive målt per tonnkm sammenlignet med lastebil i g/CO<sub>2</sub> per tonnkm.

<sup>5</sup> <http://www.innovasjon Norge.no/no/Eksporthandboken/manedens-tema/Internasjonal-lastebiltransport--tips-for-bedre-vareflyt-og-korstnadskontroll/> sist åpnet 12.01. 2017

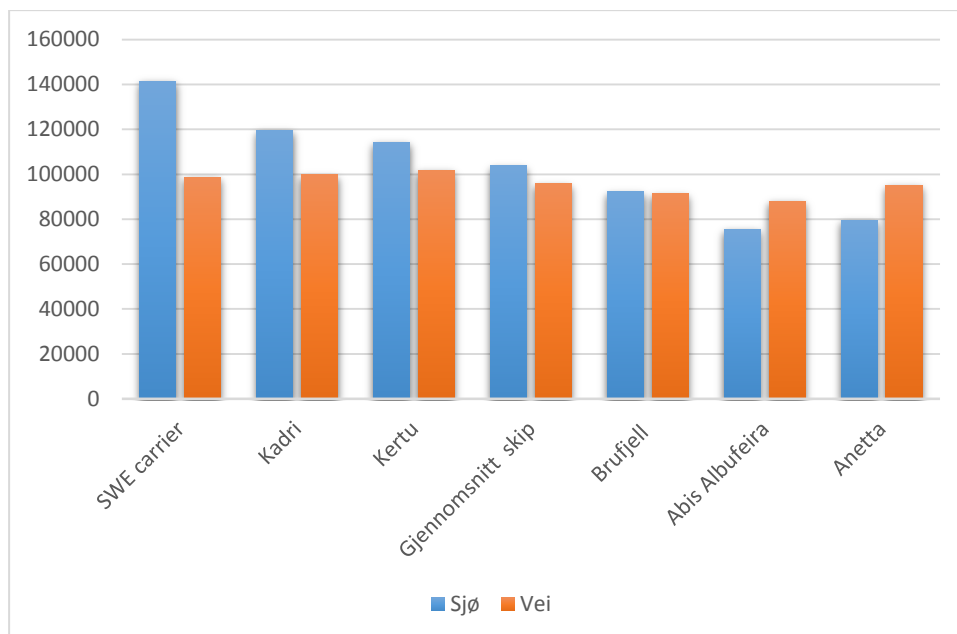


Figur 6 CO<sub>2</sub> gram per tonnm for skipstransport til Södertälje sammenlignet med lastebiltransport.

For transport til Södertälje varierer utslippene for skip mellom 22.5 gram til 38.6 gram med et gjennomsnitt på 29 gram CO<sub>2</sub> per tonnm, og en forbedring på 55 prosent i forhold til lastebiltransport. Våre tall målt i tonnm for skip ligger noe over tidligere studier Buhaug et al. (2009), som fant at skip i tilsvarende klasse «general cargo» hadde et utslipp på 13,9 gram CO<sub>2</sub> per tonnm. Forskjellen kan nok delvis skyldes at returtrø er en relativt lite effektiv vare å pakke tett, og egenvekten kan være mindre enn andre produkter som fraktes for denne skipstypen som matvarer og maskinvarer<sup>6</sup>. I tillegg kan det skyldes beregningsmetodikken som vi har brukt, i våre tonnm beregninger har vi tatt med alle CO<sub>2</sub> utslipp knytt til skipsfrakt inklusive lossing og lasting, tilbringer transport og antatt tomtransport som skipet har fram til oppdraget starte. Figurene 3 og 4 viser at disse faktoren fra 16 til 25 prosent samlet sett av de totale CO<sub>2</sub> utslippene.

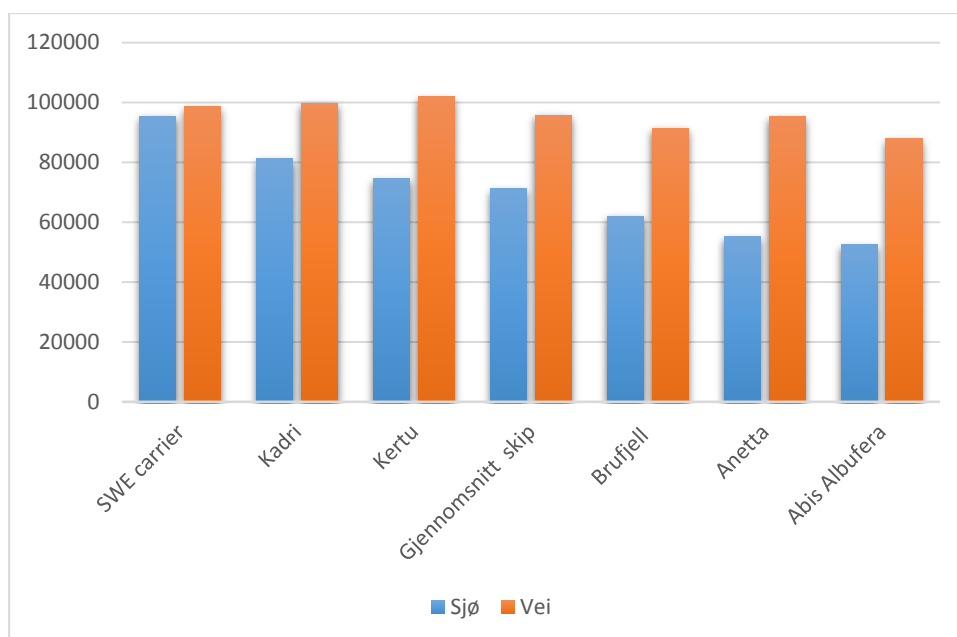
For å gjøre en reell sammenligning mellom skip og lastebiltransport er det aggregerte tall og lik fraktmengde som må beregnes. Vi tar derfor utgangspunkt i lastekapasitet til hvert enkelt skip og gjennomsnittskipet, og sammenligner dette med dersom en tilsvarende mengde skulle blitt transportert kun med lastebil.

<sup>6</sup> Henviser til denne kilden for oversikt over varer på «general cargo»:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Cargo\\_ship](https://en.wikipedia.org/wiki/Cargo_ship) sist åpnet 18.12.2016



Figur 7 Totale CO<sub>2</sub> utslipp i kg for sjøtransport til Södertälje sammenlignet med å transportere tilsvarende mengde returtre med veitransport til Linköping.

Figur 5 og 6 viste at målt i g/CO<sub>2</sub> per tonnkm, gir frakt med skip en vesentlig mindre utslipp per tonnkm sammenlignet med lastebiltransport. Når vi ser på det totale CO<sub>2</sub>-utslippet med lik mengde gods endrer bildet seg, og det er ikke like klart at skip bør være det foretrukne valget hvis skipstransport foregår til Södertälje. Dette skyldes hovedsakelig forskjell i distanser, og at det er nesten 1 000 km lengre distanse med båt til Södertälje fra Kaupanger enn å kjøre mellom Festingedalen og Linköping. I tillegg kan måten vi har tilskrevet tomtransport ha betydning for resultatet. For både båt- og biltransport har vi antatt at ansvaret stopper ved leveransen av returreet, og vi har gitt et tillegg for begge transportmåtene knytt til tomtransport fram til Festingedalen eller Kaupanger kai. Analysen viser også at selv med antatt tilleggsdistanse på ca 1 000 km kommer ligger gjennomsnittet 8 prosent over utslippet fra lastebiltransport, og for skipene Abis Albufeira og Anetta er CO<sub>2</sub> utslippet lavere enn transport av tilsvarende mengde returtre med lastebil til Linköping. Hvorvidt skipstransport til Södertälje fra Kaupanger er fornuftig ut fra CO<sub>2</sub> hensyn kommer dermed an på drivstoffeffektiviteten og transporteffektiviteten til skipet, dette valget kan enten redusere CO<sub>2</sub> utslippet med 16,5 prosent eller øke det med 30 prosent. Figur 8 viser hvordan sjøtransport til Delfzijl slår ut sammenlignet med å transportere tilsvarende mengde på vei til Linköping.



Figur 8 totale CO<sub>2</sub> utslipp i kg for sjøtransport til Delfzijl for skip sammenlignet med å transportere tilsvarende mengde returtrø med vei transport til Linköping.

Sammenligner vi lastebiltransport til Linköping med skipstransport til Delfzijl kommer skipstransport klart bedre ut. Ved å gå over til skipstransport går CO<sub>2</sub> utslipp ned mellom 3,5 prosent og 40,5 prosent, og i gjennomsnitt en nedgang på 26 prosent. Igjen er ikke nedgangen like stor som transporteffektiviteten skulle tilsi pga. at det er om lag 323 km ekstra distanse til Delfzijl sammenlignet med Linköping. Funnene viser igjen store variasjoner mellom skip med hensyn til CO<sub>2</sub> besparelser, og at de skipene som er mest drivstoffeffektive kan gi vesentlige større besparelser.

Den totale fraktmengden av returtrø er for 2016 oppgitt til å være 2 983 tonn (pers.komm. e-post 10.01.2017). Vi har fått opplyst fra SIMAS IKS, at denne tonnasje bare er rent trevirke, som derfor kan fraktes og blandes på samme bil/båt i tråd med avfallsregelverket og gyldig utslippstillatelse for SIMAS IKS. Lastemengdene til de skipene vi har gjort beregninger for ligger på mellom 1 859 tonn til 2 152 tonn, om vi antar 0,333 tonn per m<sup>3</sup>. Vi har gjort en sammenligning av tre alternativ hvis SIMAS IKS ønsker å kvitte seg med returtrø-mengden innenfor samme kalenderår. (1) Transport bare på sjø dvs. to turer fra Kaupanger til Delfzijl, i alternativet for skip tilskriver vi alt CO<sub>2</sub> utslippet knytt til transport for returtrø fra SIMAS IKS (altså ikke samlast med andre), (2) transport bare på vei, og (3) en kombinasjon der vi antar at den mengde skipet ikke klarer å ta med seg blir transportert på vei. Figur 9 viser en slik sammenligning.

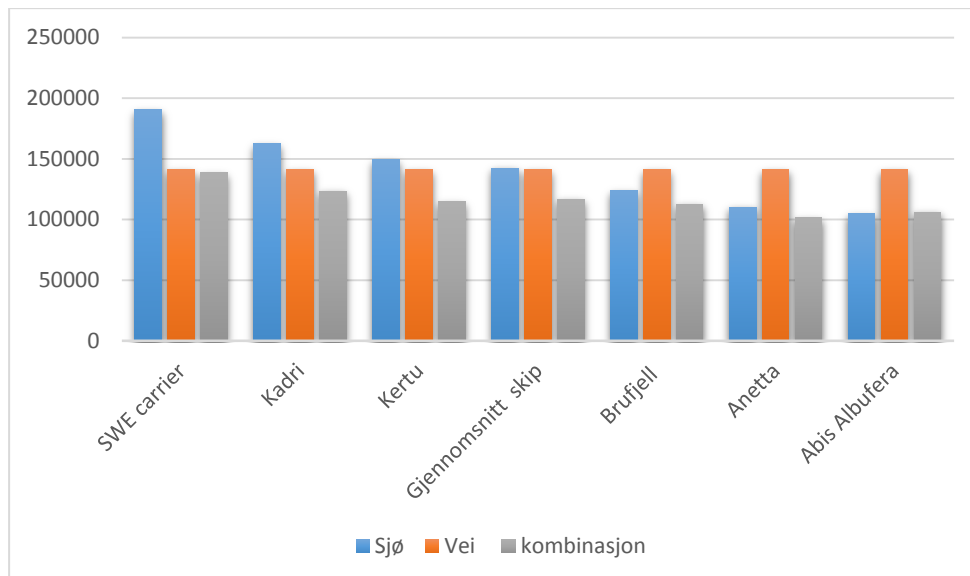


Figure 9 Sammenligning av ulike transportalternativ, (1) bare skiptransport til Delfzijl, (2) bare lastebiltransport til Linköping og (3) en kombinasjon av skips og lastebiltransport for frakt av en returtremengde på 2 983 tonn.

Det er interessant at bildet endrer seg noe i forhold til hvilke skip som er fornuftig å velge, skipet Anetta er da bedre å velge enn det skipet som ga relativt størst besparelser for CO<sub>2</sub> i forhold til lastebil i figur 8 Abis Albufera, siden Anetta har større lastekapasitet. Det lønner seg derfor å velge et frakteskip som har kombinasjonen av lave CO<sub>2</sub>-utslipp, og relativt høy lastekapasitet. Kombinasjonen mellom skip og vei gir i gjennomsnitt en besparelse på 17,5 prosent CO<sub>2</sub> sammenlignet med bare lastebiltransport. For tre av skipene Brufjell, Anetta og Abis Albufera lønner det seg med to skipstransporter til Delfzijl framfor å velge veitransport. Oppsummert Om SIMAS IKS ønsker å bli kvitt avfallsmengde samme år som det blir generert, med en antatt returtremengde på 2983 tonn, vil det beste alternativet for SIMAS IKS være skipstransport med ett fullastet skip til Delfzijl, og at gjenværende returtrevirke blir fraktet med lastebil til Linköping (med unntak for skipet Abis Albufera). Da forutsetter vi at både Delfzijl og Linköping kan og vil ta imot avfallet i de tonnasje som angitt.

## 4.0 Konklusjon

Transporteffektiviteten målt som CO<sub>2</sub>/gram tonnm km er klart bedre for skip enn frakt med lastebil. Allikevel er det ikke klart at skip er det beste alternativet for frakt til Södertälje. Dette skyldes at skipstransport dit gir et tillegg på nesten 1 000 km i transportdistanse. Gjennomsnittsskipet har et 8 prosent høyere CO<sub>2</sub>-utslipp sammenlignet med lastebiltransport til Linköping. Allikevel var det to av seks skip som kom lavere ut enn lastebiltransport, og denne studien viser at ved å benytte transporteffektive skip med relativt lavt drivstofforbruk kan det være CO<sub>2</sub> besparelse på opp mot 16,5 prosent ved å velge sjøtransport til Södertälje framfor veitransport til Linköping.

Skipstransport til Delfzijl er et klart beste alternativet sammenlignet med både skipstransport til Södertälje og lastebiltransport til Linköping. Denne studien viser at det foretrukne transportalternativet vil være skipstransport til Delfzijl, i intervaller som sikrer fullastet skip.

## Referanser

- Buhaug, Ø., Corbett, J., Endresen, Ø., Eyring, V., Faber, J., Hanayama, S., . . . Markowska, A. (2009). Second imo ghg study 2009.
- Demir, E., Bektaş, T., & Laporte, G. (2014). A review of recent research on green road freight transportation. *European Journal of Operational Research*, 237(3), 775-793. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2013.12.033>
- Gkatzoflias, D., & Ntziachristos, L. (2010). COPERT 4 v8. 0: Report.
- Nylund, N.-O., & Erkkilä, K. (2005). Heavy-duty truck emissions and fuel consumption simulating real-world driving in laboratory conditions. VTT Technical Research Centre of Finland
- Smith, T., Jalkanen, J., Anderson, B., Corbett, J., Faber, J., & Hanayama, S. (2014). Third IMO GHG Study. *London, UK*, 13, 15-29.
- Strand, A., Næss, P., Tennøy, A., & Steinsland, C. (2009). Gir bedre veger mindre klimagassutslipp? (Does road improvements decrease greenhouse gas emissions?) (Vol. TØI rapport 1027): Transportøkonomisk institutt. Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning (Institute of transport economics Norwegian centre for transport research).
- Walnum, H. J., & Simonsen, M. (2015). Does driving behavior matter? An analysis of fuel consumption data from heavy-duty trucks. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 36, 107-120.
- Lovdata: Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften) kap. 9 og 11.  
SIMAS IKS: Løyve til SIMAS IKS etter ureiningslova for Festingdalen avfallsdeponi, av 7.4.2008.

# Vedlegg skipsinformasjon

## Ship Detail

Ship Name	<b>SWE-CARRIER</b>	Shiptype	<b>General Cargo Ship</b>
LR/IMO No.	<b>9194048</b>	Gross	<b>3,170</b>
Call Sign	<b>5BBR4</b>	Deadweight	<b>4,550</b>
MMSI No.	<b>212385000</b>	Year of Build	<b>2000</b>
Flag	<b>Cyprus</b>	Status	<b>In Service/Commission</b>
Operator	<b>Swedish Bulk AB Rederi</b>	Shipbuilder	<b>Rousse Shipyard JSC</b>



## Construction Overview

Shiptype	<b>General Cargo Ship</b>	Built	<b>2000</b>	GT	<b>3,170</b>	Deadweight	<b>4,550</b>
----------	---------------------------	-------	-------------	----	--------------	------------	--------------

## Ship Builder

2000-01 [Rousse Shipyard JSC](#) - Rouse Yard/hull No.: 402

## Construction Detail

Statocde5:A31A2GX; Standard design:GL+E3; Ship Type Group:General Cargo <=4,999 dwt; Hull Material:Steel; Strengthened for heavy cargoes; Hull Connections:Welded; Decks:1 dk; FS Ioe Class 1A

## Capacities

Crew 8; Grain 6,255; TEU: 282 G. 282/20(40')

## Machinery Overview

1 oil engine reduction geared to screw shaft driving 1 CP propeller at 231 rpm Total Power: Mcr 2,880kW (3,916hp)Service Speed: 13.00kts

## Prime Mover Detail

Design: MaK, Engine Builder: Caterpillar Motoren GmbH & Co. KG - Germany  
 1 x 6M32, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)  
 6 Cy. 320 x 480, Mcr: 2,880 kW (3,916 hp) at 600 rpm

## Auxiliary Engines

## Boilers

## Auxiliary Generators

Aux Generator: 1 x 328kW 220/380V a.c., 2 x 160kW 220/380V a.c.

## Bunkers

Fuel:Capacity - Distillate Fuel: 254 cu m

## Thrusters



Ship Detail

Ship Name	<b>ABIS ALBUFEIRA</b>	Shiptype	<b>General Cargo Ship</b>
LR/IMO No.	<b>9501708</b>	Gross	<b>2,876</b>
Call Sign	<b>PBNK</b>	Deadweight	<b>4,200</b>
MMSI No.	<b>245825000</b>	Year of Build	<b>2009</b>
Flag	<b>Netherlands</b>	Status	<b>In Service/Commission</b>
Operator	<b>ABIS Shipping</b>	Shipbuilder	<b>Partner Shipyard Sp z oo</b>



Construction Overview

Shiptype	<b>General Cargo Ship</b>	Built	<b>2009</b>	GT	<b>2,876</b>	Deadweight	<b>4,200</b>
----------	---------------------------	-------	-------------	----	--------------	------------	--------------

Ship Builder

2009-02 [Partner Shipyard Sp z oo - Szczecin \(Hull\)](#)  
 2009-02 [Shipkits BV - Groningen Yard/hull No.: 101](#)

Construction Detail

Statocde5:A31A2GX; Standard design:VG 4200; Ship Type Group:General Cargo <=4,999 dwt; Hull Material:Steel; Strengthened for heavy cargoes; Hull Connections:Welded; Decks:1 dk; Bulbous bow

Capacities

Grain 5,576; TEU: 144 C Ho 108 TEU C Dk 38 TEU

Machinery Overview

1 oil engine with flexible couplings & single reduction geared to screw shaft driving 1 CP propeller at 170 rpm Total Power: Mcr 1,520kW (2,067hp)Service Speed: 11.00kts

Prime Mover Detail

Design: MaK, Engine Builder: Caterpillar Motoren GmbH & Co. KG - Germany  
 1 x **8M20C**, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)  
 8 Cy, 200 x 300, Mcr: 1,520 kW (2,067 hp) at 1,000 rpm

Auxiliary Engines

Design: Valmet, Engine Builder: Valmet  
 1 x **74CTA**, 4 Stroke 6Cy.  
 108 x 134, Mcr: 182 kW

Boilers

Boilers: 1 x Hot water heater

Auxiliary Generators

Aux Generator: 1 x 264kW 400V 50Hz a.c., 1 x 172kW 400V 50Hz a.c.

Bunkers

Fuel:Capacity - Yes, But Type Not Known: 0 cu m

Thrusters

Thrusters: 1 Tunnel thruster (f)

**Ship Detail**

Ship Name	<b>KERTU</b>	Shiptype	<b>General Cargo Ship</b>
LR/IMO No.	<b>9344368</b>	Gross	<b>3,610</b>
Call Sign	<b>9HA4046</b>	Deadweight	<b>4,800</b>
MMSI No.	<b>256956000</b>	Year of Build	<b>2005</b>
Flag	<b>Malta</b>	Status	<b>In Service/Commission</b>
Operator	<b>Hansa Ship Management OU</b>	Shipbuilder	<b>Rousse Shipyard JSC</b>



**Construction Overview**

Shiptype	<b>General Cargo Ship</b>	Built	<b>2005</b>	GT	<b>3,610</b>	Deadweight	<b>4,800</b>
----------	---------------------------	-------	-------------	----	--------------	------------	--------------

**Ship Builder**

2005-07 [Rousse Shipyard JSC](#) - [Rousse](#) Yard/hull No.: 872

**Construction Detail**

Statocde5:A31A2GX; Ship Type Group:General Cargo <=4,000 dwt; Hull Material:Steel; Strengthened for heavy cargoes; Hull Connections:Welded; Decks:1 dk; Bulbous bow; FS Ice Class 1C

**Capacities**

Grain 6,457; TEU: 267

**Machinery Overview**

1 oil engine geared to screw shaft driving 1 CP propellerTotal Power: Mor 2,400kW (3,263hp), Csr 2,244kW (3,051hp)Service Speed: 12.30kts

**Prime Mover Detail**

**Design:** MaK. **Engine Builder:** Caterpillar Motoren GmbH & Co. KG - Germany  
 1 x **8M25**, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)  
 8 Cy. 255 x 400, Mor. 2,400 kW (3,263 hp) at 750 rpm

**Auxiliary Engines**

**Design:** Man. **Engine Builder:** Man  
 2 x **D2866LXE**, 4 Stroke 6Cy.  
 128 x 155, Mor. 250 kW

**Boilers**

**Auxiliary Generators**

**Aux Generator:** 1 x 440kW a.c., 2 x 216kW a.c.

**Bunkers**

**Fuel:**Capacity - Yes, But Type Not Known: 0 cu m

**Thrusters**

**Thrusters:** 1 Tunnel thruster (f) 220kW(299bhp)

**Ship Detail**

Ship Name	<b>ANETTA</b>	Shiptype	<b>General Cargo Ship</b>
LR/IMO No.	<b>9583902</b>	Gross	<b>3,293</b>
Call Sign	<b>V2FZ9</b>	Deadweight	<b>4,620</b>
MMSI No.	<b>305706000</b>	Year of Build	<b>2014</b>
Flag	<b>Antigua &amp; Barbuda</b>	Status	<b>In Service/Commission</b>
Operator	<b>MPV Management Ltd</b>	Shipbuilder	<b>Western Baltija Shipbui...</b>



**Construction Overview**

Shiptype	<b>General Cargo Ship</b>	Built	<b>2014</b>	GT	<b>3,293</b>	Deadweight	<b>4,620</b>
----------	---------------------------	-------	-------------	----	--------------	------------	--------------

**Ship Builder**

2014-04 **AB Vakaru Baltijos Laivu Statykla**(Western Baltija Shipbuilding) Yard/hull No.: 46

**Construction Detail**

Statocode5:A31A2GX; Ship Type Group:General Cargo <=4,999 dwt; Hull Material:Steel; Strengthened for heavy cargoes; Hull Connections:Welded; Decks:1 dk; Bulbous bow

**Capacities**

**Machinery Overview**

1 oil engine with clutches, flexible couplings & single reduction geared to screw shaft driving 1 CP propeller at 161 rpm Total Power: Mcr 1,600kW (2,175hp)Max. Speed: 11.50kts, Service Speed: 10.30kts

**Prime Mover Detail**

Design: Wartsila, Engine Builder: Wartsila Finland Oy - Finland  
 1 x 8L20, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)  
 8 Cy, 200 x 280, Mcr: 1,600 kW (2,175 hp) at 1,000 rpm

**Auxiliary Engines**

Design: Volvo Penta, Engine Builder: Volvo Penta  
 2 x D12D-E MG, Mcr: 310 kW

**Boilers**

**Auxiliary Generators**

Aux Generator: 2 x 248kW 400V 50Hz a.c., 1 x 350kW 400V 50Hz a.c.

**Bunkers**

Fuel:Capacity - Yes, But Type Not Known: 0 cu m

**Thrusters**

Thrusters: 1 Thwart. FP thruster (f) 300kW(408bhp)

**Movements**

At most, the last 50 movements are returned. Click [here](#) to return all movements for the ship or on a port to view port details.

Ship Name	<b>BRUFJELL</b>	Shiptype	<b>General Cargo Ship</b>
LR/IMO No.	<b>9115925</b>	Gross	<b>2,846</b>
Call Sign	<b>J8B5104</b>	Deadweight	<b>4,372</b>
MMSI No.	<b>375746000</b>	Year of Build	<b>1995</b>
Flag	<b>St Vincent &amp; The Grenadines</b>	Status	<b>In Service/Commission</b>
Operator	<b>Norbroker Shipping &amp; Trading</b>	Shipbuilder	<b>Royal Bodewes Bv</b>



**Construction Overview**

Shiptype	<b>General Cargo Ship</b>	Built	<b>1995</b>	GT	<b>2,846</b>	Deadweight	<b>4,372</b>
----------	---------------------------	-------	-------------	----	--------------	------------	--------------

**Ship Builder**

1995-11 Bodewes' Scheepswerven B.V. - Hoogezand Yard/hull No.: 572

**Construction Detail**

Statocde5:A31A2GX; Ship Type Group:General Cargo <=4,999 dwt; Hull Type:Double Bottom Entire Compartment Length; Hull Material:Steel; Strengthened for heavy cargoes; Hull Connections:Welded; Decks:1 dk; Bulbous bow; FS Ice Class II

**Capacities**

Grain 5,793; Segregated Ballast 1,803; TEU: 234 C.Ho 114/20' C.Dk 120/20'

**Machinery Overview**

1 oil engine reduction geared to screw shaft driving 1 CP propeller at 183 rpm Total Power: Mcr 1,800kW (2,447hp)Service Speed: 11.50kts

**Prime Mover Detail**

**Design:** Deutz, **Engine Builder:** Motoren Werke Mannheim AG (MWM) - Mannheim  
**1 x SBV9M628**, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)  
 9 Cy, 240 x 280, Mcr: 1,800 kW (2,447 hp) at 900 rpm

**Auxiliary Engines**

**Design:** Scania, **Engine Builder:** Scania  
**2 x D59**, 4 Stroke 8Cy,  
 115 x 138, Mcr: 150 kW

**Boilers**

**Auxiliary Generators**

**Aux Generator:** 1 x 325kW 220/380V a.c., 2 x 136kW a.c.

**Bunkers**

**Fuel:**Capacity - Distillate Fuel: 206 cu m

**Thrusters**

**Thrusters:** 1 Thwart, FP thruster (f) 240kW(328bhp)

Ship Detail

Ship Name	<b>KADRI</b>	Shiptype	<b>General Cargo Ship</b>
LR/IMO No.	<b>9114725</b>	Gross	<b>3,117</b>
Call Sign	<b>9HRQ8</b>	Deadweight	<b>4,506</b>
MMSI No.	<b>256341000</b>	Year of Build	<b>1995</b>
Flag	<b>Malta</b>	Status	<b>In Service/Commission</b>
Operator	<b>Hansa Ship Management OU</b>	Shipbuilder	<b>Ferus Smit Scheepswerf BV</b>



Construction Overview

Shiptype	<b>General Cargo Ship</b>	Built	<b>1995</b>	GT	<b>3,117</b>	Deadweight	<b>4,506</b>
----------	---------------------------	-------	-------------	----	--------------	------------	--------------

Ship Builder

1995-05 [Scheepswerf Ferus Smit BV - Westerbroek](#) Yard/hull No.: 304

Construction Detail

Statode5:A31A2GX; Ship Type Group:General Cargo <=4,999 dwt; Hull Material:Steel; Hull Connections:Welded; Decks:1 dk; Bulbous bow; FS Ice Class 1A

Capacities

Crew 8; Grain 6,329; TEU: 272 C.Ho 124/20'(40') C,Dk 148/20' (40') incl. 10 ref C.

Machinery Overview

1 oil engine with clutches, flexible couplings & single reduction geared to screw shaft driving 1 CP propeller at 222 rpm Total Power: Mcr 2,400kW (3,263hp)Service Speed: 13.20kts

Prime Mover Detail

Design: Stork-Werkspoor, Engine Builder: Stork-Wartsila Diesel BV - Netherlands  
 1 x 8SW280, 4 Stroke, Single Acting, In-Line (Vertical)  
 8 Cy, 280 x 300, Mcr: 2,400 kW (3,263 hp) at 900 rpm

Auxiliary Engines

Design: Unknown, Engine Builder: Unknown  
 3 x Unknown

Boilers

Auxiliary Generators

Aux Generator: 1 x 320kW 380V 50Hz a.c., 2 x 100kW 380V 50Hz a.c.

Bunkers

Fuel:Capacity - Distillate Fuel: 328 cu m. Consumption (total): 8.00 tonnes per day

Thrusters

Thrusters: 1 Thwart, FP thruster (f) 315kW(428bhp)