

# **Estimering av CO<sub>2</sub>-utslipp ved brøyting og salting av vegnettet**

## **Estimating CO<sub>2</sub> Emissions from Snowplowing and Salting of Roads**

**Trondheim Mai 2021**

Studenter:

Ingeborg Eide

Johannes Lemme Richards

Erik Rye

Intern veileder:

Alex Klein-Paste

Nils Kobberstad

Ekstern veileder:

Statens vegvesen v/Hanne

Mørch

Prosjektnr:

2021 - 07

Rapporten er ÅPEN



Fakultet for ingeniørvitenskap

Institutt for bygg- og miljøteknikk



## Problemdefinering/prosjektbeskrivelse og resultatmål

Global oppvarming er en av de største utfordringene verden står overfor i dag. For å begrense økningen i temperatur i verden er det nødvendig å redusere menneskeskapt klimautslipp. I nasjonal transportplan for 2018-2029 står det: «Norge har påtatt seg en betinget forpliktelse om minst 40% reduksjon i klimagassutslippene i 2030 sammenlignet med 1990» (Meld. St.33 (2016-2017)). Samtidig har Statens Vegvesen som mål å halvere klimagassutslippene innen drift og vedlikehold innen 2030. For å få oversikt over utslippene og deretter se potensialet for reduksjon er det nødvendig å ha nøyaktige tall på klimagassutslippet fra drift og vedlikehold av det norske vegnettet (Statens vegvesen, 2020).

I dag er metodene for å beregne klimagassutslipp innen vinterdrift for unøyaktige og dette medfører usikre estimater. I oppgaven vil gruppen undersøke muligheten for å forbedre metodene for estimering av det totale utslippet i forbindelse med operasjonene brøyting og salting av vegnettet. For salt vil dette innebære produksjon, transport og utlegging, mens for brøyting ses det på eventuelle forskjeller med forskjellig brøyteredskap som frontmontert plog og sideplog. Årsaken til at gruppen vil se på både brøyting og salting er at disse arbeidsoperasjonene ofte foregår samtidig. Selv om noe salting og brøyting skjer hver for seg, vil det være mye overlappende arbeid, noe som gjør det vanskelig å finne de reelle utslippene tilknyttet kun den ene operasjonen.

For å finne utslipp i form av CO<sub>2</sub> vil det bli brukt forbruksdata fra lastebiler, slik at det er mulig å finne det reelle drivstofforbruket ved utføring av de forskjellige operasjonene innen vinterdrift. Tallene vil komme fra «Driftskontrakt 0205 Romerike midt 2016-2021», og vil være for sesongen 2020/2021.

Resultatmålet med oppgaven er å forbedre dagens metoder, og se etter andre mer hensiktsmessige metoder for estimering av klimagassutslipp. Et annet viktig mål er å avdekke om det mangler data for å få mer nøyaktige estimat.

Stikkord fra prosjektet:

Drift og vedlikehold	Operation and maintenance
Brøyting	Snow plowing
Salting	Salting
Klimagasser	Greenhouse gasses
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
Estimat	Estimate
Metode	Method



## Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet som avsluttende del av studiet bachelor i ingeniørfag, bygg, ved NTNU Trondheim. Oppgaven er skrevet i samarbeid med Statens Vegvesen.

Å skrive en oppgave som tar for seg en dagsaktuell problemstilling som klimautslipp har vært svært lærerikt. Det har vært både utfordrende og interessant å jobbe med en oppgave som har krevd mye dialog med både entreprenører og fagpersoner, og det har gitt oss erfaringer som er nyttige i videre studier og arbeidsliv.

For å gjennomføre oppgaven har vi vært avhengige av god hjelp, og ønsker å rette en stor takk til våre interne veiledere fra NTNU, Alex Klein-Paste og Nils Kobberstad. De har vært behjelpelig med gode faglige råd og veiledning angående retningsvalg for oppgaven.

Vi ønsker også å takke vår eksterne veileder i Statens Vegvesen, Hanne Mørch, for god hjelp både med faglig stoff og motivasjon, og for å ha satt oss i kontakt med mange fagpersoner.

Vi vil takke alle entreprenører og bidragsytere fra bransjen som har delt erfaringer og råd. Spesielt ønsker vi å takke Kjell Svevien fra SLT AS, som har gitt oss tilgang til datamateriale som har vært helt avgjørende for å kunne gjennomføre oppgaven.

Trondheim, mai 2021



Ingeborg Eide



Johannes Lemme Richards



Erik Rye



## Sammendrag

Som del av Statens vegvesens mål om å redusere klimagassutslipp innen drift og vedlikehold, har det vært ønskelig å få en oversikt over det totale CO<sub>2</sub>-utslippet for sektoren. I denne oppgaven er det utarbeidet en metode for å estimere utslipp fra vinterdrift som baserer seg på drivstofforbruk og kjørte kilometer for de ulike arbeidsoperasjonene som utføres. Den nye metoden er brukt til å vurdere utslippstall som rapporteres inn fra entreprenør til Statens vegvesen, og for å kontrollere det eksisterende estimatet for CO<sub>2</sub>-utslipp fra brøyting og salting.

Det finnes mange forskjellige kombinasjoner av operasjoner som kan foregå samtidig innen vinterdrift. I denne oppgaven er de ulike kombinasjonene av brøyting og salting skilt fra hverandre til syv ulike operasjoner: «Kun fronplog», «Kun sideplog», «Kun salting», «Fronplog og sideplog», «Frontplog og salting», «Sideplog og salting» og «Frontplog, sideplog og salting». Dette er gjort for å få et så nøyaktig estimat som mulig.

Ved utarbeidelse av metoden er det tatt utgangspunkt i innrapportert produksjonsdata som føres automatisk og rapporteres inn fra entreprenør til Statens vegvesen. Produksjonsdataen er sortert etter arbeidsoperasjon slik at det er mulig å få kilometer kjørt for de syv forskjellige operasjonene som er nevnt ovenfor.

For å finne dieselforbruk som brukes til beregning av utslippsfaktorer, er data fra flåtestyringen til fire lastebiler fra SLT AS som utfører vinterdriftsoperasjoner analysert og kartlagt. Datagrunnlaget har gjort det mulig å finne reelle faktorer for drivstofforbruk og CO<sub>2</sub>-utslipp på 5 av 7 operasjoner. Utslippsfaktorer for de to resterende operasjonene er beregnet med utgangspunkt i de andre resultatverdiene. Resultatet viser at dieselforbruket varierer ut fra hvilken arbeidsoperasjon som utføres innen brøyting og salting.

Indirekte utslipp, fra produksjon og transport av salt, kan beregnes på grunnlag av mengderapporter, samt faktorer for saltproduksjon og transport. Dersom dette tas med i regnemodellen, vil det være mulig å finne det totale CO<sub>2</sub>-utslippet fra brøyting og salting av vegnettet.

Ved bruk av metoden som er utarbeidet i denne oppgaven vil det være mulig å finne estimert CO<sub>2</sub>-utslipp i ønsket tidsrom fordelt på kjøretøy, vegstrekning, arbeidsoperasjon og driftskontrakt. Metoden kan også brukes til å estimere CO<sub>2</sub>-utslippet for hele landet.





## Abstract

As part of the Norwegian Public Roads Administration's goal of reducing greenhouse gas emissions within operation and maintenance, it has been desirable to obtain an overview of the total CO<sub>2</sub> emissions for the sector. In this thesis, a method has been developed for estimating emissions from winter operation, which is based on fuel consumption and kilometers driven for the various work operations that are performed. The new method is used to assess emission reported from the contractor to the Norwegian Public Roads Administration, and to check the existing estimate for CO<sub>2</sub> emissions from snowplowing and salting.

There are many different combinations of operations that can take place simultaneously in winter operation. In this thesis, the different combinations of snowplowing and salting are separated into seven different operations: «Front plow only», «Side plow only», «Salting only», «Front plow and side plow», «Front plow and salting», «Side plow and salting» and «Front plow, side plow and salting». This is done to get as accurate an estimate as possible.

The development of the method is based on reported production data which is entered automatically and reported from the contractor to the Norwegian Public Roads Administration. The production data is sorted by work operation so that it is possible to get kilometers driven for the seven different operations mentioned above.

To find diesel consumption used to calculate emission factors, data from fleet management for four trucks from SLT AS that perform winter maintenance operations have been analyzed and mapped. The data base has made it possible to find real factors for fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions in 5 out of 7 operations. Emission factors for the two remaining operations are calculated on the basis of the other result values. The result shows that diesel consumption varies depending on which work operation is carried out within snowplowing and salting.

Indirect emissions, from production and transport of salt, can be calculated on the basis of quantity reports, as well as factors for salt production and transport. If this is included in the calculation model, it will be possible to find the total CO<sub>2</sub> emissions from snowplowing and salting of the road network.

Using the method prepared in this thesis, it will be possible to find estimated CO<sub>2</sub> emissions for the desired time period broken down by vehicle, road section, work operation and operating contract. The method can also be used to estimate CO<sub>2</sub> emissions for the whole country.



# Innhold

Forord .....	I
Sammendrag .....	III
Abstract .....	V
1 Innledning .....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Problemstilling og målformulering .....	3
1.3 Avgrensning .....	3
1.4 Leserveiledning .....	4
2 Teori .....	5
2.1 Vinterdrift .....	5
2.2 Snøbrøyting .....	6
2.2.1 Redskap for fjerning av snø, slaps og is .....	6
2.3 Salting .....	7
2.3.1 Anti-ising .....	8
2.3.2 Anti-kompaktering .....	8
2.3.3 De-ising .....	8
2.3.4 Metoder for utlegging av salt .....	8
2.3.5 Indirekte utslipp fra salt .....	9
2.4 Driftskontrakt .....	10
2.5 Estimater og metode .....	11
3 Metode .....	12
3.1 Egen kunnskap og litteratursøk .....	12
3.2 Møtevirksomhet .....	12
3.3 Databehandling .....	12
3.3.1 Gjennomsnittsforbruk pr. operasjon .....	12
3.3.2 Estimering ved «ny metode» .....	14
3.3.3 Eksisterende estimat .....	15

3.3.4	Innrapportering av CO <sub>2</sub> -utslipp.....	15
4	Resultat .....	16
4.1	Gjennomsnittsförbruk pr. operasjon.....	16
4.2	Estimering ved « <i>ny metode</i> ».....	21
4.3	Eksisterende estimat .....	23
4.4	Innrapportering av CO <sub>2</sub> -utslipp.....	25
5	Diskusjon .....	26
5.1	Gjennomsnittsförbruk pr. operasjon.....	26
5.1.1	Kjøretøy og driftsklasser .....	26
5.1.2	Datsett/innsamling .....	27
5.1.3	Kun frontplog .....	29
5.1.4	Kun sideplog .....	30
5.1.5	Frontplog og sideplog.....	31
5.1.6	Kun salting .....	32
5.1.7	Frontplog og salting.....	32
5.1.8	Sideplog og salting .....	32
5.1.9	Frontplog, sideplog og salting.....	33
5.1.10	Aktiviteter og kjøretøy som ikke er medregnet .....	34
5.2	Estimering ved « <i>ny metode</i> ».....	35
5.3	Eksisterende estimat .....	36
5.4	Innrapportering av CO <sub>2</sub> -utslipp.....	37
6	Innovasjon.....	39
7	Konklusjon.....	41
8	Veien videre.....	42
	Figurer .....	43
	Tabeller.....	44
	Vedleggsliste.....	44
	Referanser .....	45

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

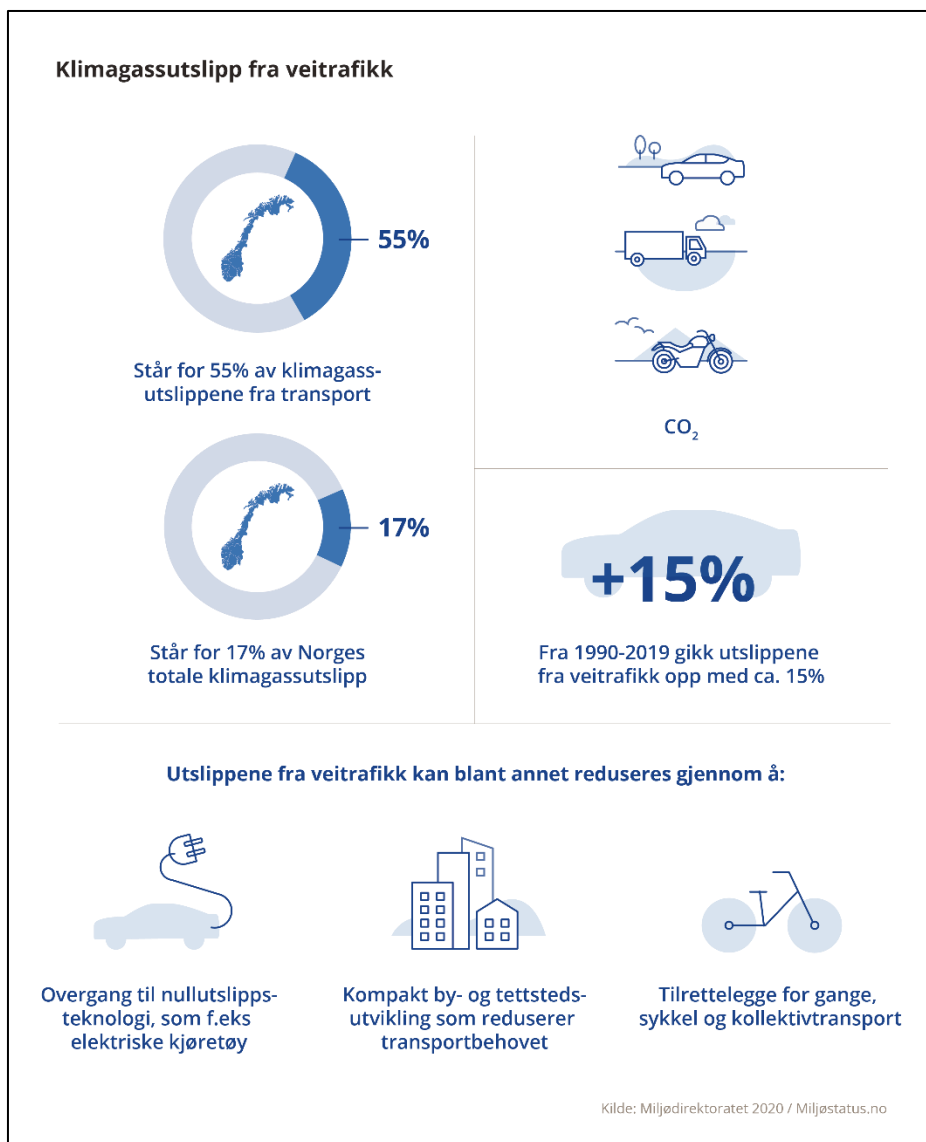
Bacheloroppgaven har sitt utspring i et ønske hos Statens vegvesen (SVV) om å kontrollere dagens estimat av klimagassutslipp innen drift og vedlikehold. Kartlegging av utslipp fra sektoren vil være et nødvendig steg på vegen før utslippstall kan rapporteres videre og konkrete tall på reduksjon kan vises fram.

Reduksjon av menneskeskapt klimagassutslipp er ansett som et nødvendig tiltak verden over. Under Parisavtalen i 2020 gikk Norge som tredje land i verden inn for å forsterke klimamålet mot 2030. Dette ved å redusere utslippene fra 1990 med minst 50 % og opptil 55 % (Miljødirektoratet, 2021).

I dag står transportsektoren alene for 31 % av Norges totale utslipp, der over halvparten kommer fra utslipp fra vegtrafikk i form av CO<sub>2</sub>. Sett i forhold til 1990-nivå har det totale utslippet økt med 15 %, slik som vist i Figur 1. Dette kommer i hovedsak av en økonomisk vekst og befolkningsutvikling, som har ført til et økt behov for person- og godstransport.

De senere årene har det imidlertid vært mulig å se en nedgang av klimagassutslipp fra vegsektoren. Dette skyldes en større andel av elektriske kjøretøy, mer drivstoffeffektive kjøretøy og en økning i bruk av biodrivstoff (Miljødirektoratet, 2020). Det har også kommet strengere krav til utslipp fra kjøretøy; for eksempel er det for lastebiler innført Euroklasser som stiller krav til utslipp. Det nyeste kravet er Euro VI som ble innført i 2014 (Bilimportørenes landsforening, 2014). Euro VI er europeiske krav som legger føringer for utslipp fra tunge kjøretøy.

Statens vegvesen ønsker å redusere klimagassutslipp fra både anlegg og drift med 50 % innen 2030. For å oppnå dette er det lagt opp til en rekke tiltak innen de ulike divisjonene. Et eksempel er innen drift og vedlikehold, der det ved nye kontrakter kreves at entreprenørene har miljøsertifisering, og at kontraktene har miljøkrav samt intensiver til innovasjon (Statens vegvesen, 2021). Det er i tillegg startet med innrapportering av CO<sub>2</sub>-utslipp fra driftskontrakter for riksveger.



Figur 1: Oversikt over klimagassutslipp fra veitrafikk (Miljødirektoratet, 2020).

Environmental Product Declaration (EPD) for materialer som stein, betong, stål og asfalt, og Life Cycle Assessment veg (VegLCA) for store vegprosjekt, er verktøy som benyttes for kartlegging og handling mot reduksjonsmålet (Statens vegvesen, 2020). I VegLCA er hensikten å finne det totale utslippet til en veg, for hele livsløpet. Drift og vedlikehold er derfor inkludert for å få en helhetlig vurdering, men programmet er ikke utviklet nok til at ulike strategier innen drift og vedlikehold kan beregnes alene. Manglende dokumentasjon og beregningsgrunnlag på det som utføres innen vinterdrift medfører at det eksisterer få konkrete tall å basere en modell på.

## 1.2 Problemstilling og målformulering

Problemstillingen for denne bacheloroppgaven er formulert slik:

*«Hvordan estimere CO<sub>2</sub>-utslipp fra brøyting og salting?»*

Resultatmålet med oppgaven er å forbedre dagens metoder og eventuelt finne andre, mer hensiktsmessige, metoder for å estimere klimagassutslipp. Et annet viktig mål er å avdekke om det finnes data som mangler for å få mer nøyaktige estimat.

Effekt målet er at Statens vegvesen skal få en bedre oversikt over klimagassutslipp, og at metoder som utvikles kan brukes til beregninger i framtiden. Samfunns målet er at estimatene kan brukes som et steg på veien mot å nå Norges klimamål for 2030.

## 1.3 Avgrensning

Denne bacheloroppgaven tar for seg klimagassutslipp i form av CO<sub>2</sub> tilknyttet brøyting og salting. Det er i hovedsak fokusert på å finne de direkte utslippene som kommer fra utføring av de gitte arbeidsoperasjonene, men det indirekte utslippet fra produksjon og frakt av salt er også kommentert, da det har en innvirkning på det totale utslippet. Utslipp fra andre oppgaver som utføres innen vinterdrift er ikke tatt med i oppgaven.

Det er kun sett på lastebiler som benytter diesel som drivstoff. For å finne drivstofforbruk pr. arbeidsoperasjon, er det tatt utgangspunkt i data fra flåtestyringen til fire lastebiler og produksjonsdata i ELRAPP for tidsrommet oktober 2020 – mars 2021. Disse lastebilene er av Euroklasse VI, og utfører operasjoner som salting og brøyting med front- og/eller sideplog. Lastebilene kjører på riksveger og fylkesveger i Jessheimområdet med driftsklasser DkA, DkB og DkC, under *«Driftskontrakt 0205 Romerike midt 2016-2021»*.

For å kontrollere innrapporterte utslippstall fra entreprenører er faktorene som er funnet for lastebil benyttet, mens det er brukt generelle faktorer for utslipp for de andre kjøretøytypene, slik som traktor, hjullaster og veghøvel.

## 1.4 Leserveiledning

Bacheloroppgaven følger et rapportformat med kapittelinnndeling. De største kapitlene i rapporten er teori – metode – resultat – diskusjon. Teoridelen inneholder bakgrunnskunnskap om relevante tema, der hensikten er at det skal bidra til forståelse for det som tas opp videre i rapporten. I metode, resultat og diskusjon er det flere underkapitler som går igjen:

- Gjennomsnittsförbruk pr. operasjon
- Estimering ved «*ny metode*»
- Eksisterende estimat
- Innrapportering av CO<sub>2</sub>-utslipp

Underkapitlene henger sammen, og kapitlene som omhandler «gjennomsnittsförbruk pr. operasjon» bør leses for å forstå de andre underkapitlene. Verdiene derfra brukes i å beregne utslipp i «*ny metode*» og til å kontrollere eksisterende estimat og innrapportering av CO<sub>2</sub>-utslipp. «*Ny metode*» er utviklet av studentene i arbeidet med bacheloroppgaven, og skrives på denne måten gjennom hele rapporten.

Rapporten avsluttes med kapitlene innovasjon, konklusjon og hva som kan gjøres på veien videre.



## 2 Teori

### 2.1 Vinterdrift

Vinterdrift i Norge utføres på vegnettet i vinterhalvåret, og består av viktige tiltak for at vegnettet skal være trygt og fremkommelig. Vinterdriften består i størst grad av brøyting og salting, men det er også andre oppgaver som utføres på vinteren. På vinterveger (veger der det tillates snødekke over asfalten) er det viktig at snøsålen høvles ned for å opprettholde en trygg og sikker veg. Overvåking og tining av drenerør, skiltkosting og fylling av strøsandkasser er og oppgaver entreprenører må utføre. I områder med tunneller og fjellskjæringer er fjerning av is som kan henge ved og over vegbanen også innbefattet i driftskontraktene (Statens vegvesen, 2020).

Hvordan vinterdriften skal utføres avhenger av vinterdriftsklassen på de aktuelle vegene. Vinterdriftsklassene setter føringer for hvilken standard vegene skal ha, hvilke tiltak som skal settes i verk og når disse skal utføres. Det er fem ulike klasser, som vist i Figur 2, der den høyeste er DkA, og den laveste er DkE. DkA krever bar veg der salt brukes preventivt mot is, mens DkE har hard snø og is som godkjent føreforhold, der det kan brukes sand for å oppnå god nok friksjon (Statens vegvesen, 2020). DkB deles inn i DkB lav-middels-høy, der høy har de strengeste kravene (Vegdirektoratet , 2014).

Vinterdriftsklasse A – DkA	Godkjent føreforhold er bar veg (tørr eller våt).
Vinterdriftsklasse B – DkB	Godkjent føreforhold er bar veg (tørr eller våt), hard snø/is tillates utenom hjulspor i begrenset tidsrom.
Vinterdriftsklasse C – DkC	Godkjent føreforhold er bar veg (tørr eller våt) i milde perioder og hard snø/is i kalde perioder.
Vinterdriftsklasse D – DkD	Godkjent føreforhold er hard snø/is.
Vinterdriftsklasse E – DkE	Godkjent føreforhold er hard snø/is. Friksjon ned til 0,20 aksepteres. DkE skal ikke nyttes på riksveg.

Figur 2: Vinterdriftsklasser og godkjente føreforhold. Hentet fra Vegdirektoratets Håndbok R610, s.120.

## 2.2 Snøbrøyting

Brøyting er mekanisk fjerning av snø og slaps i brøytearealet, der en oversikt over hva som defineres som brøyteareal vises i Tabell 1. Under brøyting brukes tunge kjøretøy som lastebiler, traktorer og hjullastere med brøyteskjær som føres langs vegbanen for å fjerne snø og slaps. For å unngå hardpakking og nedkjøling bør det brøytes rett etter snøfall, og det må alltid fjernes snø og slaps før strøing utføres (Statens vegvesen, 2021).

Tabell 1: Brøyteareal og strøareal (Vegdirektoratet, 2014).

<b>Brøyte/rydde-areal veg</b>
-Kjørefelt -Sykkelfelt -Kantsteinsklaring -Spørreområde -Lommer -Parkeringsfelt -Skulder
<b>Strøareal veg</b>
-Kjørefelt -Sykkelfelt -Lommer -Parkeringsfelt
<b>Brøyte/rydde-areal og strøareal for gående og syklende</b>
-Fortau -Gang- og sykkelveg -Sykkelveg med fortau -Gangfelt med tilhørende arealer på fortau og trafikkøy -Venteareal ved leskur samt trapper og ramper

### 2.2.1 Redskap for fjerning av snø, slaps og is

Det brukes ulike redskaper for fjerning av snø, slaps og is, der de mest vanlige er frontmontert plog, sidemontert plog og underliggende skjær. Plogene brukes til å kaste snø og slaps ut av brøytearealet. For å unngå at snø blir liggende igjen i kjørebane må det ikke brøytes i mer enn 40 km/t. Når flere kjørefelt må brøytes samtidig brukes det ofte frontplog i kombinasjon med en sideplog som henger ut på siden av kjøretøyet. Det er viktig at all snøen som ligger i kjørebane som går samme veg brøytes samtidig, ellers kan det oppstå situasjoner hvor det er snøkanter mellom kjørefeltene. Sideplogen kan også brukes til å fjerne snøfokk eller å fikse brøytekanter, mens underliggende skjær brukes til fjerning av hardpakket snø og is, eller til å

skrape av det øverste laget med snø og slik at vegen blir jevn og trygg å kjøre på (Statens vegvesen, 2021).

Det brukes forskjellige kjøretøy til bestemte oppgaver. De mest brukte kjøretøyene er lastebiler, traktorer, hjullastere og veghøvler. I Statens vegvesens driftskontrakter er det hovedsakelig lastebiler som blir brukt til brøyting på veger da disse har mulighet til å bli lastet med stort, tungt utstyr og kan ha høy hastighet på vegene. Traktorer blir ofte brukt til vinterdrift av gang- og sykkelveg og parkeringsplasser. Disse er enklere å manøvrere og er mer oversiktlige enn lastebiler. Disse kan også lastes med forskjellig utstyr som saltkasse, snøfreser og forskjellige typer snøploger. Hjullastere er store tunge kjøretøy, de har en frontlaster som det kan monteres snøfreser og snøploger på og vil være gode til å rydde eller flytte store mengder snø. Veghøvler blir brukt til å fjerne hardpakket snø og is, eller til å høvle av ujevnheter i snøsålen på en vinterveg (Vegdirektoratet, 2010).

## 2.3 Salting

Salting foregår ved å strø ut salt i forskjellige former utover strøarealet, der en oversikt over hva som defineres som strøareal i Tabell 1. Dette gjøres for å opprettholde eller oppnå bar veg. Det finnes forskjellige metoder for utlegging av salt, der metoden som brukes avhenger av ønsket effekt og vær/trafikk-forhold.

Saltet som brukes på veger er natriumklorid (NaCl) i form av steinsalt eller sjøsalt og senker frysepunktet til vann samtidig som det smelter is og bryter opp bindingene mellom snø/is og vegdekke (Sintef, 2013).

Salt er et materiale som har begrensninger når det kommer til temperatur. Dersom det blir kaldt nok vil saltløsningen som brukes også fryse. Nederste temperatur for salting er  $-10^{\circ}\text{C}$ , men i intervallet  $-5^{\circ}\text{C}$  til  $-10^{\circ}\text{C}$  bør det kun saltes dersom det er stigende temperatur og lite nedbør. Det mest gunstige intervallet for salting er  $0^{\circ}\text{C}$  til  $-5^{\circ}\text{C}$  (Statens Vegvesen, 2013).

Salting har tre ulike funksjoner:

- Anti-ising
- Anti-kompaktering
- De-ising

### 2.3.1 Anti-ising

Anti-ising utføres dersom det er fuktig veg og synkende temperatur, fare for rimfrost eller fare for underkjølt regn. Dette utføres før is har formet seg på strøarealet, og det kreves derfor at entreprenørene følger med på værmeldingene og kan rykke ut på kort varsel. Dersom det er meldt kaldt må det saltes preventivt; da senkes frysepunktet for vann i kjørebane og is vil ikke kunne oppstå (Statens Vegvesen, 2013).

### 2.3.2 Anti-kompaktering

Anti-kompaktering utføres dersom det snør, har snødd eller skal snø. Dersom snøen har lagt seg og komprimeres av kjøretøy, vil den være vanskelig å fjerne rent mekanisk. For å bryte opp bindingene mellom snø-snø og snø-vegbane er salting et nødvendig tiltak, dette vil gjøre det enklere for kjøretøy med brøyteredskaper å fjerne snø slik at vegbanen blir bar (Statens Vegvesen, 2013).

### 2.3.3 De-ising

De-ising utføres dersom det ligger is på vegen. Når is først har oppstått vil det være vanskelig å fjerne. Da må det saltes slik at isen kan smelte og få en svakere binding til kjørebane (Statens Vegvesen, 2013).

### 2.3.4 Metoder for utlegging av salt

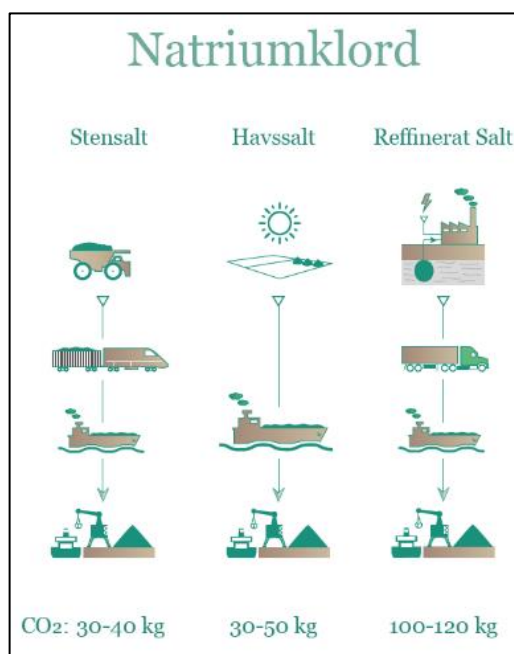
Det finnes forskjellige metoder for utlegging av salt. Tabell 2 viser hvilke metoder som brukes avhengig av trafikkforhold, værforhold og vegbaneforhold. De forskjellige metodene for utlegging er tørt salt, befuktet salt, saltslurry og saltløsning.

Tabell 2: Metoder for utlegging av salt. Hentet fra SVVs rapport nr. 2493, s.11

	Vær- og føreforhold	Metode
Preventiv salting før: <ul style="list-style-type: none"><li>• rimfrost</li><li>• underkjølt regn</li><li>• regn på frossen vegbane</li><li>• snøvær</li></ul>	Tørr og fuktig, bar veg	Befuktet salt
		Slurry
		Saltløsning
	Våt, bar veg	Tørt salt
		Befuktet salt
		Slurry
Salting på is eller snø	Rimfrost/tynn is	Befuktet salt
		Slurry
		Saltløsning
	Tykk is	Befuktet salt
Under snøvær <sup>1</sup>	Tørt salt	

### 2.3.5 Indirekte utslipp fra salt

Det indirekte utslippet fra salt kommer i hovedsak fra produksjon og frakt av materialet fra produsent til forbruker, se Figur 3. For å produsere sjøsalt pumpes sjøvann inn i store basseng hvor vannet fordampes ved hjelp av solen. Etter at vannet har fordampet ligger det igjen en såle av salt i bunnen av bassenget, denne rives opp ved hjelp av anleggsmaskiner før saltet lastes opp og fraktes videre. Som vist i Tabell 3 er dette en enkel metode å produsere salt på, som slipper ut mellom 2-6 kg CO<sub>2</sub> pr. tonn salt (NaCl). Utvinning av steinsalt er noe mer krevende, der saltet hentes ut fra gruver og krever mellom 10-12 kg CO<sub>2</sub> pr tonn salt (NaCl).



Figur 3 Figur: Indirekte utslipp fra salt (produksjon + frakt) [F. Eide – GC Rieber].

Steinsaltet som brukes i Norge i dag kommer fra Tyskland, mens sjøsaltet kommer fra varme land som Tunisia, Egypt og Spania. Dette fører til at frakt av sjøsalt slipper ut mer CO<sub>2</sub> enn frakt av steinsalt. Det økte utslippet fra transport av sjøsalt gjør at summen av utslippet blir nokså likt for steinsalt og sjøsalt, når det leveres til Norge.

Tabell 3: CO<sub>2</sub>-utslipp fra produksjon og transport av salt til Norge [F. Eide – GC Rieber].

Product phase	Parameter	Sea	Rock	PDV <sup>2</sup>	Unit <sup>6</sup>
A1 <sup>3</sup> , A3 Manufacturing	Raw material extraction and production of 1 mt ton NaCl. <sup>5</sup>	2-6	10-12	93	kg CO <sub>2</sub> / mt NaCl
A2 Transport <sup>4</sup>	Transportation from the production unit to Norway (Truck + vessel)	25-48	18-31	3-10	kg CO <sub>2</sub> / mt NaCl
A4 Distribution to customer	Truck 50 km (Oslo - Moss) Truck 200 km (Trondh. - Medjå) Truck 550 km (Oslo - Stavanger)		5 16 46		kg CO <sub>2</sub> / mt NaCl
B1 Use	Distribution of product, use	N/A	N/A	N/A	kg CO <sub>2</sub> / mt NaCl
C4 End of life	Disposal or end of life of product	N/A	N/A	N/A	kg CO <sub>2</sub> / mt NaCl
<b>Total emissions</b>	<b>A1-A3</b>	<b>31-53</b>	<b>30-43</b>	<b>96-103</b>	<b>kg CO<sub>2</sub> / mt NaCl</b>

## 2.4 Driftskontrakt

Ved tildeling av driftskontrakter legges det til rette for at det skal utføres drifts- og vedlikeholdsoppgaver på vegnettet og tilhørende områder over en gitt tidsperiode.

I dag har Statens vegvesen ansvaret for drift og vedlikehold av riksvegene i Norge. Frem til 1. januar 2020 hadde de også delt ansvar for fylkesvegene, men etter iverksettelse av regionreformen ble dette ansvaret flyttet over på fylkeskommunen. En tredje aktør, Nye Veier, har ansvaret for drift og vedlikehold på de vegstrekningene som de selv har bygd ut (Davanger, 2019). I tillegg til dette har kommunene ansvaret for de kommunale vegene.

Driftskontraktene til Statens vegvesen lyses ut på anbud, før ulike entreprenørfirma kan legge inn tilbud på dette. Ved tildeling av kontrakter vektlegges i hovedsak pris, men gjennomføringsevne, maskinpark og andre kriterier kan også tas til vurdering. Nytt for 2021 er at CO<sub>2</sub> utslipp for første gang vil ha en betydning ved tildeling (Statens vegvesen, 2021). For driftskontraktene er standard kontraktsperiode 5 år, med mulighet for tre års forlengelse dersom begge parter er fornøyd og ønsker å gå videre med avtalen. Entreprenøren er forpliktet til å følge de bestemmelser som er gitt i kontrakten.

Som følge av at en driftskontrakt har stort omfang med mange ulike oppgaver, vil det være nødvendig at Statens vegvesen kontrollerer arbeidet for å sikre at gjennomføringen skjer i henhold til kontraktbestemmelsene. Dette kan gjøres ved at det utføres kontroller ute i felt, eller kontroll av innrapportert data. Et godt arbeid kan belønnes med bonuser, mens mangelfullt eller dårlig arbeid kan «straffes» med sanksjoner. For å sikre oppfølging av oppgavene som utføres benyttes ELRAPP.

*«ELRAPP er et system for elektronisk rapportering og oppfølging av oppgaver relatert til drift- og vedlikeholdskontrakter med funksjonsansvar (driftskontrakter) for Statens vegvesen.»* (Statens vegvesen, 15.07.2020).

I ELRAPP finnes det informasjon og dokumentasjon på det meste som omhandler kontrakten. Det kan være rapporter, kontroller, statistikker, oversiktslister og kontaktinformasjon. For vinterdrift logges blant annet produksjonsdata på utført arbeid samt mengderapporter på ulike brøyteoperasjoner og salt- og sandforbruk. For å få dette så nøyaktig som mulig, er det i kontraktbestemmelsene C3 under pkt. 8.4.5 stilt krav om at entreprenøren skal ha et datasystem/driftsinformasjonssystem for å følge opp vinterdriften (Statens vegvesen, 2021).

## 2.5 Estimat og metode

For at Statens vegvesen skal ha kontroll på det totale klimagassutslippet har de laget en metode for å kunne estimere klimagassutslipp fra drift og vedlikehold. Metoden tar utgangspunkt i faktorer fra VegLCA, samt mengderegistreringer i en femårsperiode fra 2014/15 – 2018/19. Fra mengderegistreringen er det hentet brøytekilometer, saltforbruk og sandforbruk. I tillegg til dette benyttes faktorer fra VegLCA for dieselforbruk pr. tonn salt og kilometere brøytet og for utslippsfaktorer i kg CO<sub>2</sub> pr. liter diesel.

Eksisterende estimat:

Snitt lengde brøytekilometer: 8 220 000 km pr. år. Estimert utslipp: 14 400 tonn CO<sub>2</sub>

Faktor: 1,75 kg CO<sub>2</sub> pr. km

Gjennomsnittlig saltmengde: 120 000 tonn salt pr. år. Estimert utslipp: 22 750 tonn CO<sub>2</sub>

Faktor: 185 kg CO<sub>2</sub> pr. tonn salt

*Referanse: Internt dokument fra Statens vegvesen*

Klimagassutslipp kan variere stort, basert på temperatur, snødybde (motstand), motorteknologi, driftsklasse, arbeidsoperasjon og flere andre faktorer, så det er vanskelig å få et nøyaktig estimat basert på en slik metode. Det er en av grunnene til at Statens vegvesen ønsker å finne mer nøyaktige tall for utslipp innen drift og vedlikehold.

## **3 Metode**

### **3.1 Egen kunnskap og litteratursøk**

I arbeidet med bacheloroppgaven er det benyttet kunnskap som gruppemedlemmene har tilegnet seg gjennom byggingeniørstudiet, og retningen «Teknisk planlegging». Utover dette er det gjort litteratursøk for å finne informasjon om hva som er blitt gjort innen tematikken tidligere.

### **3.2 Møtevirksomhet**

Gjennom hele perioden har møter over teams og korrespondanse på e-post vært sentralt for å få kontakt med ressurspersoner innen fagfeltet. Gruppen har vært i kontakt med flere fagpersoner innen de forskjellige divisjonene i Statens vegvesen for å få informasjon om blant annet EPD, LCA, eksisterende estimat, kjøretøy og driftskontrakter.

Gruppen har også vært i kontakt med ulike entreprenører og aktører i bransjen for å få bedre innblikk i hvordan arbeidsoperasjonene utføres, hvilke data som logges automatisk under kjøring og for å forstå arbeidet rundt innrapportering av CO<sub>2</sub>-utslipp slik det foregår i dag. Fagpersoner innen salt og saltimport har vært behjelpelige for å finne utslippstall knyttet til utslippene som kommer fra produksjon og transport av salt.

Intern- og ekstern veileder har formidlet kontakt med andre fagpersoner, gitt faglige råd og vært medvirkende til å bestemme retningen på oppgaven underveis.

### **3.3 Databehandling**

#### **3.3.1 Gjennomsnittsförbruk pr. operasjon**

For å finne utslippsdata på lastebiler er det nødvendig å vite hvor mye drivstoff som blir brukt og hvilke arbeidsoperasjoner som blir utført. For å finne drivstofforbruk er Scantias flåtestyring «Scania Fleet Management» benyttet for fire lastebiler fra SLT AS. Flåtestyringen viser blant annet hvor bilene har kjørt, drivstofforbruket og hvilken hastighet de har hatt, både som gjennomsnittsverdier og total mengde. Flåtestyringen viser derimot ikke hvilken arbeidsoperasjon som utføres.

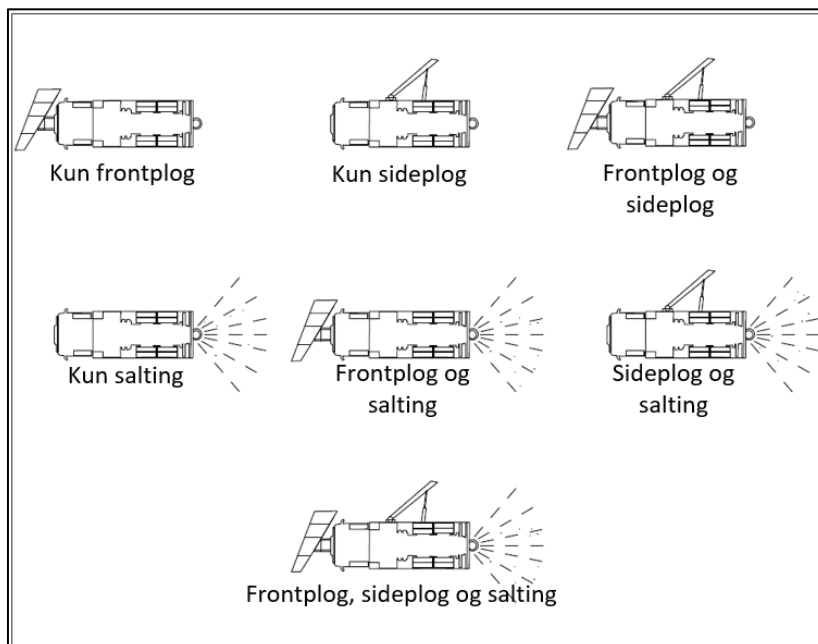


Hvilken operasjon som er utført og når den utføres er hentet fra produksjonsdata fra Statens vegvesen sitt system, ELRAPP. Produksjonsdata i ELRAPP gir informasjon om hvor og når forskjellig utstyr på bilen er blitt aktivert. Dette føres som i Figur 4 med kolonner for brøyting med frontplog, brøyting med sideplog, strøing og høvling.

Aktivitet start	Aktivitet slutt	Kjøretøy	Brøyting		Høvling	Strøing	
			Plog nede [km]	Sideplog [km]	Underliggende skjær [km]	Strødd [km]	Materiale
13.10.2020 09:35:43	13.10.2020 11:41:10	42929	0,00	0,00	0,00	0,00	
13.10.2020 09:47:10	13.10.2020 11:24:27	42929	0,00	0,00	0,00	39,31	Tørt Salt (NaCl)
17.10.2020 18:18:09	17.10.2020 18:18:13	42929	0,00	0,00	0,00	0,02	Tørrsand
17.10.2020 18:20:28	17.10.2020 18:21:07	42929	0,00	0,00	0,00	0,23	Saltslurry (NaCl)
17.10.2020 16:58:10	17.10.2020 18:24:09	42930	0,00	0,00	0,00	43,47	Saltslurry (NaCl)
17.10.2020 15:53:23	17.10.2020 23:45:13	42929	5,29	0,00	0,00	0,00	
17.10.2020 18:41:16	17.10.2020 22:06:07	42930	0,00	0,00	0,00	0,00	

Figur 4: Utklipp fra produksjonsdata.

For å lage et mest mulig nøyaktig estimat har det i denne oppgaven vært nødvendig å skille mellom flere ulike operasjoner. Ut ifra kolonnene i produksjonsdata er driftsoppgavene som utføres i forbindelse med brøyting og salting delt inn i syv operasjoner, som vist i Figur 5.



Figur 5: De syv operasjonene ifb. salting og brøyting.

Kjøretøynummeret for de aktuelle lastebilene er funnet i produksjonsdata og koblet opp mot hver enkelt bil i flåtestyringen. Produksjonsdata som er brukt er hentet fra perioden 1. oktober til 31. mars for vintersesongen 2020/2021. Her er kjøring mindre enn 10 kilometer fjernet fordi små operasjoner er vanskelig å isolere ut i flåtestyringen. Produksjonsdata ble kopiert over på et nytt Excel-ark, og sortert etter kjøretøy og dato.

For å koble utført aktivitet opp mot flåtestyringen for å finne drivstofforbruk pr. operasjon, er det tatt utgangspunkt i dato og tidspunkt fra produksjonsdata. Produksjonsdataen er sammenlignet med kilometer kjørt, tidspunkt og bilens hastighet fra Scantias flåtestyring i det samme tidsrommet.

Videre er data for kilometer kjørt, dieselforbruket og type operasjon ført i en egen tabell. Tabellen skiller mellom de forskjellige kjøretøyene, tidspunktet for utført arbeid og type arbeidsoperasjon. Data fra like arbeidsoperasjoner sorteres for å finne gjennomsnittlig drivstofforbruk for hver av de syv operasjonene.

### **3.3.2 Estimering ved «ny metode»**

For å estimere utslipp, er det i denne oppgaven laget en «ny metode» for estimering. Metoden tar utgangspunkt i de syv operasjonene i Figur 5 og utslippsfaktoren for disse. Denne metoden regner ut det direkte CO<sub>2</sub>-utslippet basert på produksjonsdata fra ELRAPP.

For å skille ut de syv operasjonene er det behov for data om hvor mange kilometer det er brøytet med frontplog, brøytet med sideplog og når det er saltet. Ut ifra dette er det mulig å finne totalt antall kilometer kjørt med «Frontplog, sideplog og salting» samtidig. Videre er det laget et beregningsgrunnlag for å finne ut hvor mange kilometer det er kjørt med «Frontplog og sideplog», «Frontplog og salting» og «Sideplog og salting», og til slutt hvor mye som er kjørt med «Kun frontplog», «Kun sideplog» og «Kun salting».

Med operasjonene skilt fra hverandre, kan de multipliseres med faktor for kg CO<sub>2</sub> pr. kilometer kjørt for å få en verdi på det direkte utslippet fra vinterdrift som logges i produksjonsdata i ELRAPP. Sanding er ikke skilt ut som en egen operasjon, men ligger under salting med samme faktor som ved «Kun salting». For å ta med utslipp fra produksjon og frakt av sand og salt, må det brukes dokumentasjon fra importør eller produsent.

### 3.3.3 Eksisterende estimat

Verdiene i eksisterende estimat er basert på CO<sub>2</sub>-utslipp pr. tonn salt og CO<sub>2</sub>-utslipp pr. brøytede kilometer, mens faktorene funnet i oppgaven baserer seg på kilometer kjørt for syv ulike operasjoner innen brøyting og salting som vist i Figur 5. For å bruke faktorene fra oppgaven til å vurdere nøyaktigheten av det eksisterende estimatet er det nødvendig å gjøre noen omregninger slik at enhetene blir like. De korrigerede utslippsfaktorene er funnet ved å benytte «ny metode» for å finne kilometer kjørt for de syv operasjonene med utgangspunkt i fem driftskontrakter fra ulike regioner i Norge.

Korrigert utslippsfaktor for brøyting beregnes ved å finne en vektet faktor basert på kilometer kjørt for hver operasjon som vist i Vedlegg 1. Dette er brukt for å finne en felles faktor for dieselforbruk og CO<sub>2</sub>-utslipp for brøyteoperasjoner.

For å finne korrigert CO<sub>2</sub>-utslipp fra utlegging av salt er «ny metode» blitt benyttet for å finne prosentandelen av kjørte kilometer med salting som legges ut ved operasjonen «Kun salting» i forhold til de andre operasjonene som inneholder salting. Andelen ble så brukt for å finne total mengde salt utlagt ved operasjon «Kun salting».

Videre ble det antatt en spredebredde på 3m og saltmengde på 10g/m<sup>2</sup>, som tilsvarer 30kg/km, som vist i Vedlegg 2 (Sakshaug, 2007). Disse tallene ble benyttet for å finne kilometer saltet, og videre ble faktor for CO<sub>2</sub> pr. kilometer saltet brukt for å finne CO<sub>2</sub>-utslippet ved utlegging av salt.

### 3.3.4 Innrapportering av CO<sub>2</sub>-utslipp

Faktorene for gjennomsnittlig dieselforbruk pr. operasjon er brukt til å kontrollere de innrapporterte tallene fra enkelte driftskontrakter for riksveger med oppstart i 2020, og for å kartlegge hva som trengs for å forbedre innrapportering med dagens mal. Dette er gjort ved å erstatte innrapportert faktor for CO<sub>2</sub> pr. kilometer med faktorene for utslipp funnet i denne oppgaven. Det er satt inn en nedre verdi som representerer forbruket under «kun salting», samt en høy verdi som tilsvarer forbruket ved bruk av «frontplog, sideplog og salting» samtidig. På bakgrunn av dette er det mulig å si noe om nøyaktigheten på de innrapporterte utslippstallene.

## 4 Resultat

### 4.1 Gjennomsnittsförbruk pr. operasjon

Sammenligning av produksjonsdata hentet fra ELRAPP og Scania's flåtestyring for fire lastebiler fra SLT AS som kjører under «DK 0205 Romerike midt 2016-2021», viser tydelige skiller mellom de forskjellige vinterdriftsoperasjonene. Dette har gjort det mulig å finne gjennomsnittlig dieselforbruk pr. vinterdriftsoperasjon. Totalt er det vært mulig å hente ut data fra 28 759 kjørte kilometer med vinterdrift. Data er hentet fra vintersesongen 2020/2021 i perioden 01.10.20 – 31.03.21.

En oversikt over de ulike lastebilene er gitt i tabell 4. Her står merke, motoreffekt, årsmodell, euroklasse, montert utstyr og kodenavn på kjøretøyene oppført.

Tabell 4: Kjøretøyoversikt

Merke	Motoreffekt	Årsmodell	Euroklasse	Montert utstyr	Kjøretøy
<b>Scania R650</b>	650 hp	2018	Euro VI	Frontplog og salting	Bil A
<b>Scania R650</b>	650 hp	2018	Euro VI	Frontplog, sideplog (Caway) og salting	Bil B
<b>Scania R650</b>	650 hp	2019	Euro VI	Frontplog, sideplog (45b) og salting	Bil C
<b>Scania R580</b>	580 hp	2016	Euro VI	Frontplog, sideplog (Caway) og salting	Bil D

Utstyret som var montert på lastebilene i datainnsamlingen er noe ulikt, og dermed har ikke alle bilene utført alle arbeidsoperasjonene. Dette er årsaken til at det bare vært mulig å hente data for operasjonen «Sideplog og salting» fra en av bilene, det samme gjelder for operasjonen «Kun frontplog». Dette kan ses i resultattabell for hvert kjøretøy i Tabell 5-8, der de individuelle bilenes kjøring med kilometer, dieselforbruk og utført arbeidsoperasjon står oppført.

Saltmetodene som har blitt benyttet i datasettet er utlegging av tørt salt, saltløsning, befuktet salt og saltslurry. Det har ikke vært mulig å se noen tydelige forskjeller i dieselforbruk under de forskjellige metodene, dermed er all salting sett under ett.

Tabell 5: Resultat - Bil A

<b>Bil A</b>							
	Kun frontplog	Kun sideplog	Frontplog og sideplog	Kun salting	Frontplog og salting	Sideplog og salting	Frontplog, sideplog og salting
km kjørt	-	-	-	9 522	2 555	-	-
Diesel [l]	-	-	-	4 479	1 463	-	-
Dieselforbruk [l/km]	-	-	-	0,470	0,573	-	-

Tabell 6: Resultat - Bil B

<b>Bil B</b>							
	Kun frontplog	Kun sideplog	Frontplog og sideplog	Kun salting	Frontplog og salting	Sideplog og salting	Frontplog, sideplog og salting
km kjørt	455	-	-	1 690	227	-	3 410
Diesel [l]	256	-	-	669	131	-	2 477
Dieselforbruk [l/km]	0,563	-	-	0,396	0,577	-	0,726

Tabell 7: Resultat - Bil C

<b>Bil C</b>							
	Kun frontplog	Kun sideplog	Frontplog og sideplog	Kun salting	Frontplog og salting	Sideplog og salting	Frontplog, sideplog og salting
km kjørt	-	-	-	6 203	-	840	1 994
Diesel [l]	-	-	-	2 478	-	524	1 302
Dieselforbruk [l/km]	-	-	-	0,399	-	0,624	0,653

Tabell 8: Resultat - Bil D

<b>Bil D</b>							
	Kun frontplog	Kun sideplog	Frontplog og sideplog	Kun salting	Frontplog og salting	Sideplog og salting	Frontplog, sideplog og salting
km kjørt	-	-	-	588	-	-	1 275
Diesel [l]	-	-	-	271	-	-	928
Dieselforbruk [l/km]	-	-	-	0,461	-	-	0,728

I tabell 9 vises summerte verdier for de ulike operasjonene, der utslippsfaktor i [kg CO<sub>2</sub> pr. km] også er beregnet. For å beregne kg CO<sub>2</sub> pr. km benyttes 2,66 kg CO<sub>2</sub>/l diesel, dette er utslippsfaktor for CO<sub>2</sub> når diesel forbrennes (Miljødirektoratet, 2020).

Tabell 9: Resultat - Totalt for målte verdier

Total							
	Kun frontplog	Kun sideplog	Frontplog og sideplog	Kun salting	Frontplog og salting	Sideplog og salting	Frontplog, sideplog og salting
km kjørt	455	-	-	18 003	2 782	840	6 679
Diesel [l]	256	-	-	7 897	1 594	524	4 707
Dieselforbruk [l/km]	0,563	-	-	0,439	0,573	0,624	0,705
Utslippsfaktor [kg CO <sub>2</sub> /km]	1,497	-	-	1,167	1,524	1,659	1,875

Totalresultatet i Tabell 9 viser at dieselforbruket varierer ut fra hvilken arbeidsoperasjon som utføres. Det laveste forbruket er ved «Kun salting» på 0,439 l/km, og det høyeste er ved «Frontplog, sideplog og salting» med 0,705 l/km, som vist i Tabell 9. De andre operasjonene som utføres befinner seg innenfor dette intervallet. Forskjellen i dieselforbruk mellom ytterpunktene «Kun salting» og «Frontplog, sideplog og salting», er på 0,266 l/km. Dette utgjør 0,708 kg CO<sub>2</sub> pr. km, og er en prosentvis endring på 60,7 %. Dette viser at utført arbeidsoperasjon innen vinterdrift er av stor betydning for dieselforbruk og CO<sub>2</sub>-utslipp.

Datagrunnlaget hadde ikke tilstrekkelig informasjon om operasjonene «Kun sideplog» og «Frontplog og sideplog». Dette kommer av at operasjonene sjeldent utføres på kontrakten der produksjonsdata er hentet ut fra, de gangene det ble utført var det ikke mulig å isolere operasjonene i flåtestyringen. I denne oppgaven antas det derfor at verdier for «Kun sideplog» og «frontplog og sideplog» kan beregnes ut ifra resultatverdiene fra de andre arbeidsoperasjonene. Dette gjøres ved å finne ut hvor stor andel av forbruket som kommer fra salting alene når det kombineres med brøyting med frontplog. Denne verdien for salting trekkes så i fra de nevnte operasjonene der salting utføres samtidig. Resultatet for de estimerte verdiene vises sammen med de andre operasjonene i Tabell 10 og grafisk i Figur 6 og Figur 7.

**$M_S = \text{Merforbruk tilknyttet salting} = \text{«Frontplog og salting»} - \text{«Kun frontplog»}$**

$$M_S = 0,573 \text{ l/km} - 0,563 \text{ l/km} = \underline{\underline{0,010 \text{ l/km}}}$$

**«Kun sideplog» = «Sideplog og salting» –  $M_S$**

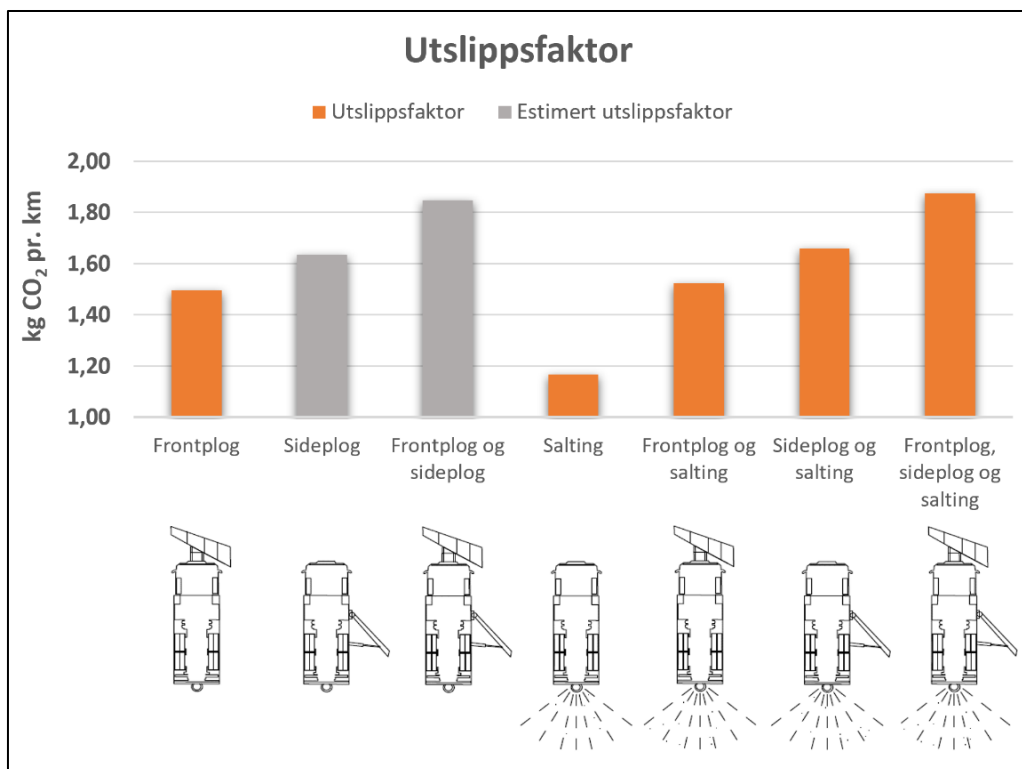
$$\text{«Kun sideplog»} = 0,624 \text{ l/km} - 0,010 \text{ l/km} = \underline{\underline{0,614 \text{ l/km}}}$$

**«Frontplog og sideplog» = «Frontplog, sideplog og salting» –  $M_S$**

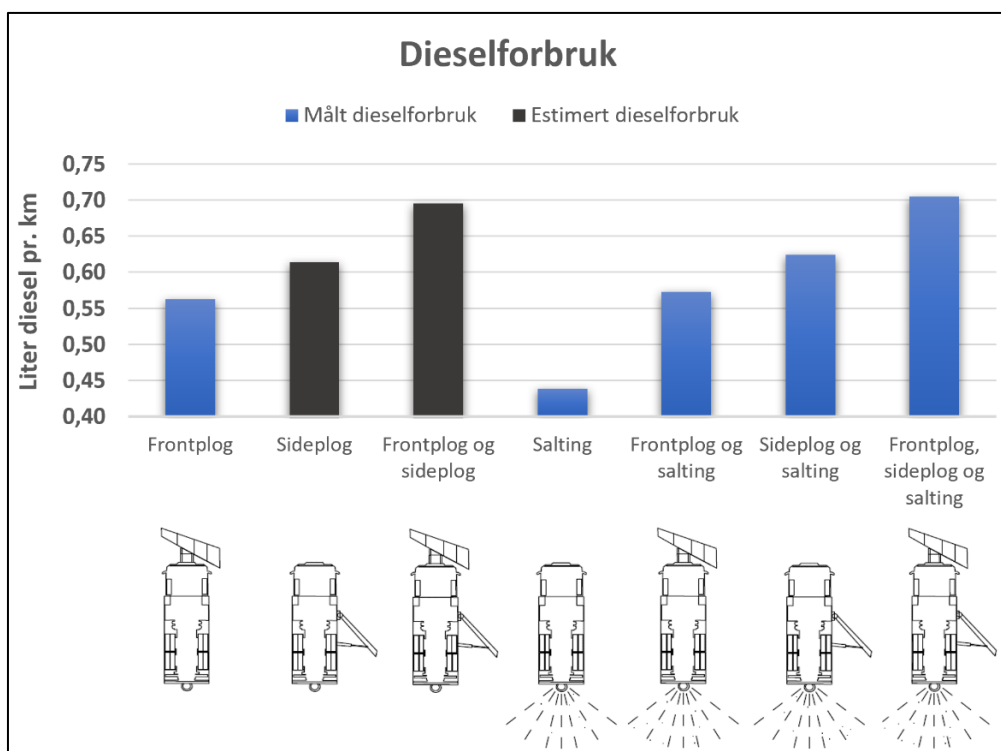
$$\text{«Frontplog og sideplog»} = 0,705 \text{ l/km} - 0,010 \text{ l/km} = \underline{\underline{0,695 \text{ l/km}}}$$

Tabell 10: Resultat – Utslippsfaktorer og dieselforbruk

Faktor for utslipp og dieselforbruk		
	Utslippsfaktor [kg CO <sub>2</sub> pr. km]	Dieselforbruk [l pr. km]
Kun frontplog	1,497	0,563
Kun sideplog	1,633	0,614
Frontplog og sideplog	1,849	0,695
Kun salting	1,167	0,439
Frontplog og salting	1,524	0,573
Sideplog og salting	1,659	0,624
Frontplog, sideplog og salting	1,875	0,705



Figur 6: Utslippsfaktorer som er beregnet ut fra dieselforbruk.



Figur 7: Dieselforbruk med målt og estimert forbruk.



## 4.2 Estimering ved «ny metode»

I estimering ved «ny metode» er utslippsfaktorene for lastebil i [kg CO<sub>2</sub> pr. km] fra «kapittel 4.1» benyttet til å finne et direkte utslipp fra produksjonsdata i ELRAPP. Dette er gjort ved at utslippsfaktorene multipliseres med kjørte kilometer for hver arbeidsoperasjon. De ulike kolonnene som benyttes i regnemodellen «ny metode» er fremstilt i Figur 8.

249,00	386,00	288,00	km pr. operasjon								Beregningsgrunnlag			
Plog nede [km]	Sideplog [km]	Strødd [km]		Frontplog, sideplog og salt	Front og sideplog	Front og salt	Side og salt	Front	Side	Salt	Front	Side	Salt	
8,00	8,00	8,00		8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	
1,00	0,00	4,00		0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	3,00	1	0	4	
0,00	8,00	6,00		0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	2,00	0,00	0	8	6	
5,00	5,00	0,00		0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5	5	0	
6,00	80,00	10,00		6,00	0,00	0,00	4,00	0,00	70,00	0,00	0	74	4	
40,00	50,00	46,00		40,00	0,00	0,00	6,00	0,00	4,00	0,00	0	10	6	
89,00	89,00	89,00		89,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	
60,00	60,00	60,00		60,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	
40,00	24,00	65,00		24,00	0,00	16,00	0,00	0,00	0,00	25,00	16	0	41	
0,00	62,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	62,00	0,00	0	62	0	
				<b>Sum</b>	<b>227,00</b>	<b>5,00</b>	<b>17,00</b>	<b>16,00</b>	<b>0,00</b>	<b>138,00</b>	<b>28,00</b>			
				<b>Faktorer pr. operasjon</b>										
				Frontplog, sideplog og salt	Front og sideplog	Front og salt	Side og salt	Front	Side	Salt				
				<b>1,875</b>	<b>1,849</b>	<b>1,524</b>	<b>1,659</b>	<b>1,497</b>	<b>1,633</b>	<b>1,167</b>				
				<b>kg CO<sub>2</sub></b>	<b>425,63</b>	<b>9,25</b>	<b>25,91</b>	<b>26,54</b>	<b>0,00</b>	<b>225,35</b>	<b>32,68</b>			
				<b>Sum kg CO<sub>2</sub></b>	<b>745,35</b>									

Figur 8: Tillaget eksempel for å vise regnemodell fra «ny metode».

For å vise et eksempel på utregning fra en driftskontrakt, er det tatt utgangspunkt i DK0205 Romerike midt, og funnet en verdi på direkte utslipp for tidsrommet 1.september-30.april. Dette er fremstilt i Figur 9.

6	112 325,37	34 015,91	133 947,32	km pr. operasjon								
7	Plog nede [km]	Sideplog [km]	Strødd [km]	Frontplog, sideplog og salt	Front og sideplog	Front og salt	Side og salt	Front	Side	Salt		
29760	0,00	0,00	0,03	0	0	0	0	0	0	0,0283648		
29761	0,02	0,02	0,02	0,0223483	0	0	0	0	0	0		
29762	4,98	4,98	4,98	4,975514	0	0	0	0	0	0		
29786	3,51	0,00	3,63	0	0	3,5140238	0	0	0	0,1126504		
29787	4,80	0,00	4,85	0	0	4,801592	0	0	0	0,0480009		
29788	0,64	0,00	0,88	0	0	0,6352467	0	0	0	0,248542		
29789	3,35	0,00	3,54	0	0	3,3507382	0	0	0	0,1931258		
29790	0,34	0,00	0,36	0	0	0,3361271	0	0	0	0,0244765		
29799				<b>Sum</b>	<b>16399</b>	<b>4711</b>	<b>33890</b>	<b>6385</b>	<b>57326</b>	<b>6521</b>	<b>77273</b>	
29800												
29801				<b>kg CO<sub>2</sub></b>	<b>30748</b>	<b>8710</b>	<b>51648</b>	<b>10593</b>	<b>85817</b>	<b>10649</b>	<b>90178</b>	
29802												
29803				<b>Sum kg CO<sub>2</sub></b>	<b>288343</b>							
29804												

Figur 9: Beregnet CO<sub>2</sub>-utslipp for DK 0205 Romerike midt 01.09.20-30.04.21 fra regnemodell «ny metode».

For å få et bilde på hva som utføres av kjøring og tilhørende CO<sub>2</sub>-utslipp innenfor ulike regioner er det tatt utgangspunkt i fem driftskontrakter, en fra hver region. Kjørte kilometer pr. operasjon er fremvist i Tabell 11, og beregnet CO<sub>2</sub>-utslipp er vist i Tabell 12. Resultatet viser at utført arbeidsoperasjon varierer ut fra lokasjon, klima og at flere av operasjonene gjøres i liten grad på enkelte kontrakter. Resultatet viser også at det er mulig å estimere utslippet fra vinterdrift over hele Norge dersom «ny metode» benyttes for alle driftskontrakter.

Tabell 11: Kjørte kilometer pr. operasjon for fem driftskontrakter i ulike regioner. Funnet ved hjelp av «ny metode».

Kjørte kilometer										
Kontrakt nr.	Område	Region	Frontplog, sideplog og salting [km]	Frontplog og sideplog [km]	Frontplog og salting [km]	Sideplog og salting [km]	Frontplog [km]	Sideplog [km]	Salting [km]	Totalt [km]
1816	Ofoten	Nord	1 516	25 890	7 414	141	191 965	286	92 984	320 197
9401	Trondheim	Midt	48 455	11 834	70 430	3 496	57 949	1 823	95 147	289 134
1201	ASOLA	Vest	98	75	35 779	0	4 424	0	72 426	112 802
0205	Romerike midt	Øst	16 399	4 711	33 890	6 385	57 326	6 521	77 273	202 505
1003	Kristiansand	Sør	0	0	24 246	0	46 712	0	36 418	107 376
<b>Total</b>			<b>66 469</b>	<b>42 510</b>	<b>171 758</b>	<b>10 023</b>	<b>358 376</b>	<b>8 630</b>	<b>374 248</b>	<b>1 032 014</b>

Tabell 12: Beregnet CO<sub>2</sub>-utslipp i kg for fem driftskontrakter i ulike regioner. Funnet ved hjelp av «ny metode».

CO <sub>2</sub> -utslipp										
Kontrakt nr.	Område	Region	Frontplog, sideplog og salting [kg CO <sub>2</sub> ]	Frontplog og sideplog [kg CO <sub>2</sub> ]	Frontplog og salting [kg CO <sub>2</sub> ]	Sideplog og salting [kg CO <sub>2</sub> ]	Frontplog [kg CO <sub>2</sub> ]	Sideplog [kg CO <sub>2</sub> ]	Salting [kg CO <sub>2</sub> ]	Totalt [kg CO <sub>2</sub> ]
1816	Ofoten	Nord	2 843	47 871	11 299	235	287 372	467	108 512	458 599
9401	Trondheim	Midt	90 853	21 881	107 335	5 800	86 749	2 977	111 036	426 632
1201	ASOLA	Vest	185	138	54 527	0	6 623	0	84 522	145 994
0205	Romerike midt	Øst	30 748	8 710	51 648	10 593	85 817	10 649	90 178	288 343
1003	Kristiansand	Sør	0	0	36 951	0	69 927	0	42 500	149 378
<b>Total</b>			<b>124 628</b>	<b>78 601</b>	<b>261 759</b>	<b>16 628</b>	<b>536 488</b>	<b>14 093</b>	<b>436 748</b>	<b>1 468 946</b>

### 4.3 Eksisterende estimat

For å kontrollere Statens vegvesens eksisterende estimatet for brøyting og salting, er verdiene i estimatet sammenlignet med korrigerede verdier. De korrigerede verdiene tar utgangspunkt i resultatene i denne oppgaven og tilgjengelig informasjon om temaet. Dette er kun en illustrasjon på hvordan det kan gjøres, og for videre estimering vil dette ikke være en foretrukket metode å benytte. Dette kommer av at det i «kapittel 4.1» kommer godt frem at drivstofforbruk og CO<sub>2</sub>-utslipp vil variere ut fra utført arbeidsoperasjon. Det å basere seg på brøytede kilometer og saltmengde i tonn, i tillegg til faktorer for dette, vil kun gi et grovt overslag og ikke et nøyaktig estimat.

Den korrigerede utslippsfaktoren for brøyting, i Tabell 13, er funnet basert på utslippstallene fra «kapittel 4.1». Ved å bruke «ny metode» på de fem kontraktene i Tabell 11 er forholdet mellom de ulike brøytekombinasjonene som forekommer funnet. Utslippstallene fra kombinasjonene er videre vektet ut fra hvor mye som er kjørt, for å finne en felles utslippsfaktor for brøyting. Høvling er ikke medregnet i estimatet.

Tabell 13: Eksisterende og korrigert utslipp fra brøyting pr. år.

Utslipp fra brøyting			
	km brøytet/år	Utslippsfaktor kg CO <sub>2</sub> /km	Totalutslipp tonn CO <sub>2</sub> /år
Eksisterende	8 220 000	1,750	14 382
Korrigert	8 220 000	1,569	12 899

Estimatet som Statens vegvesen har laget, baserer seg på tall fra VegLCA. Faktoren som er brukt for utregning av utslipp fra produksjon av salt er hentet fra Ecoinvent, et firma som jobber med faktorer til LCA-er. Denne faktoren står som 185 kg CO<sub>2</sub> eq/tonn salt i VegLCA og i dagens estimat. Verdien har vist seg å gjelde for rensset vakuumsalt, der utvinningsmetoden fører til mye utslipp som vist i Tabell 3. Det fører til at det korrigerede estimatet blir lavere enn det eksisterende dersom faktor for soltørket sjøsalt, som er på 50 kg CO<sub>2</sub> eq/tonn salt, benyttes, slik som vist i Tabell 14.

Tabell 14: Eksisterende og korrigert indirekte utslipp fra salting pr. år.

Indirekte utslipp fra salting			
	Totalt saltforbruk tonn/år	Utslippsfaktor kg CO <sub>2</sub> /kg salt	Totalt utslipp tonn CO <sub>2</sub> /år
Eksisterende	120 000	0,185	22 257
Korrigert	120 000	0,050	6 000

Andel salt som er kjørt ut ved «kun salting» uten kombinasjon med andre operasjoner er funnet ved bruk «ny metode» på de fem kontraktene i Tabell 11. Resultatet er fremstilt i Tabell 15, omregninger mellom enhetene ligger i Vedlegg 2.

Tabell 15: Eksisterende og korrigert direkte utslipp fra salting pr. år.

Direkte utslipp fra salting			
	Totalt saltforbruk tonn/år	Utslippsfaktor kg CO <sub>2</sub> /tonn salt	Totalt utslipp tonn CO <sub>2</sub> /år
Eksisterende	120 000	4,082	490
Korrigert	120 000	23,387	2 806

Utslipet fra salting i kombinasjon med andre operasjoner er mulig å finne basert på økning i dieselforbruk der salting utføres i tillegg til brøyting. Økningen er på 0,01 l/km og baseres på resultatet i «kapittel 4.1». Det gir en utslippsfaktor på 0,027 l/km, og et utslipp på 42 tonn CO<sub>2</sub>/år. Denne summen legges ikke inn i totalen da det er medregnet i faktoren for brøyting. Utregninger ligger i Vedlegg 1.

Resultatet i Tabell 16 viser at det eksisterende estimatet er for høyt i forhold til det korrigerte estimatet. Dette skyldes i stor grad faktoren for indirekte utslipp fra salt, som kommer fra produksjon og transport av salt. Det viser at hvilken faktor som benyttes for beregning av indirekte utslipp har stor betydning for estimering av totalutslippet.

Tabell 16: Totalt CO<sub>2</sub>-utslipp for brøyting og salting av SVV sine veier pr. år, eksisterende og korrigert.

Utslipp fra brøyting og salting				
	Utslipp fra brøyting	Indirekte utslipp fra salting	Direkte utslipp fra salting	Totalutslipp tonn CO <sub>2</sub> /år
Eksisterende	14 382	22 257	490	37 129
Korrigert	12 899	6 000	2 806	21 706

#### **4.4 Innrapportering av CO<sub>2</sub>-utslipp**

I starten av arbeidet med oppgaven ble det vurdert å bruke innrapporterte tall på CO<sub>2</sub>-utslipp fra Statens vegvesens driftskontrakter for å undersøke nøyaktigheten til dagens estimat for brøyting og salting. Det har vist deg at tallene som entreprenører rapporterer inn har for stor usikkerhet og variasjon til at de kan brukes til dette formålet, og at det heller ikke gir et godt nok regnskap på faktisk CO<sub>2</sub>-utslipp. Den største feilkilden er at entreprenører mangler reelle faktorer for CO<sub>2</sub>-utslipp pr km kjørt, noe som fører til at utslippet ofte føres for lavt.

Dersom faktorene fra «kapittel 4.1» brukes vil det være mulig å rapportere mer nøyaktige tall på utslippet fra vinterdriften enn det som gjøres i dag. For å få mest mulig reelle tall på utslipp fra hver kontrakt, anbefales det at «*Ny metode*» benyttes.

## 5 Diskusjon

### 5.1 Gjennomsnittsforbruk pr. operasjon

Etter å ha sett på 28 759 kjørte kilometer innen vinterdrift er det mulig å se en trend i dieselforbruket pr. km kjørt ved de forskjellige operasjonene. Det er stor variasjon i antall kjørte kilometer, og ved beregning av resultatet har det ikke vært nok datagrunnlag til å finne gjennomsnittlig dieselforbruk for alle operasjonene. Det har likevel vært mulig å gjøre beregninger på dette med utgangspunkt i de andre faktorene som ble funnet.

#### 5.1.1 Kjøretøy og driftsklasser

Lastebilene som forbrukstallene er tatt utgangspunkt i er av typen Scania R650 og R580. De har gått med ulikt utstyr og er av ulik årsmoell, men alle fire kjøretøyene har motorklasse Euro VI. Dagens bilpark består stort sett av Euro VI, og andelen lastebiler med Euro VI teknologi vil øke for hvert år (Stølen, 2019). Det gjør at forbrukstallene som er funnet i denne oppgaven vil være representative for størsteparten av lastebilflåten i Norge. Noen variasjoner på grunn av motorstørrelse vil likevel kunne oppstå.

Som frontplog er både Mählers Rossö og Schmidt Tarron blitt benyttet, der to av bilene gikk med Rossö-plog og to med Schmidt Tarron. Tre av bilene er utstyrt med sideplog, der to er av typen Mählers Caway, en 5,5 meter bred sideplog, og den tredje er av typen Mähler 45b. I Figur 10 vises en lastebil fra SLT med Caway sideplog og Mähler Rossö frontplog.



Figur 10: Lastebil fra SLT AS, med sideplog og frontplog. Foto: Mähler International.

Ettersom at tallene for gjennomsnittsforkbruk baserer seg på lastebiler som har utført vinterdriftsoppgaver på veger med DkA, DkB og DkC, er det usikkert hvorvidt disse utslippsfaktorene kan være representative for andre typer veger og driftsklasser. Mye av kjøringen har foregått på E6 (DkA og DkBh) og E16 (DkA og DkBm). Disse driftsklassene kjennetegnes ved at entreprenørene begynner å brøyte ved første snøfall, noe som medfører at det brøytes ofte og at det kan være mindre snø enn ved brøyting på vinterveger. For å opprettholde og gjenopprette bar veg benyttes salt som et preventivt tiltak (Vegdirektoratet, 2014).

For vinterdriftsklasse D og E, som tillater hard snø/is, vil det foregå mindre salting og mer brøyting på ujevnt underlag, noe som kan føre til en endring i drivstofforbruk. For fjelloverganger eller andre områder med snø og tidvis utfordrende kjøreforhold kan utslippsfaktorene som er funnet i oppgaven være for lave.

### 5.1.2 Datasett/innsamling

Drivstofforbruket er funnet ved hjelp av Scania's flåtestyring, her er det mulig å se kjøretøyenes posisjoner, hastigheter og drivstofforbruk. I Figur 11 er det vist et utklipp av noe av det som kan hentes ut fra Scania flåtestyring.

Utstyr	Drivstofftype	Kilometerteller (km)	Kjørestrekning (km)	Motordriftstid (t:m)	Drivstoff (liter)	Utrulling (% av strekning)	Drivstoff – kjøring og tomgang (liter / 100 km)	Tomgang (t:m)	Drivstoff – tomgang (liter)	Drivstoff – tomgang (liter / t)
Alle grupper	-									
	Diesel		1987	54:20	935	20	46,0	12:40	31	2,5

Figur 11: Scania's flåtestyring. Utklipp fra flåtestyring.

Scania's flåtestyring opererer med en times oppløsning. Dette gjør at det kan være vanskelig å skille ut operasjoner som foregår over korte tidsspenn, og for å få dieselforbruket mest mulig nøyaktig er operasjoner på under 10 kilometer utelatt. Ved å gjøre det på denne måten minimeres påvirkningen tomgang og transportkjøring har på det avleste dieselforbruket. Dette vil være den mest hensiktsmessige måten å gjøre det på, da produksjonsdata i ELRAPP kun tar for seg kjøring under operasjon. På grunn av oppløsningen i flåtestyringen har det likevel blitt med noe tomkjøring, men dette påvirker ikke faktorene for utslipp pr. arbeidsoperasjon

nevneverdig. Data som har vært mulig å isolere, er blitt brukt til å finne kilometer kjørt og drivstofforbruk.

Det finnes flere faktorer enn det som er tatt hensyn til i denne oppgaven som kan påvirke drivstofforbruket. Eksempler på dette er temperatur, snømengde, stigning og underlag på vegen. For å gjøre beregninger på dette trengs det mer data enn det som har vært mulig å gjennomgå for denne oppgaven.

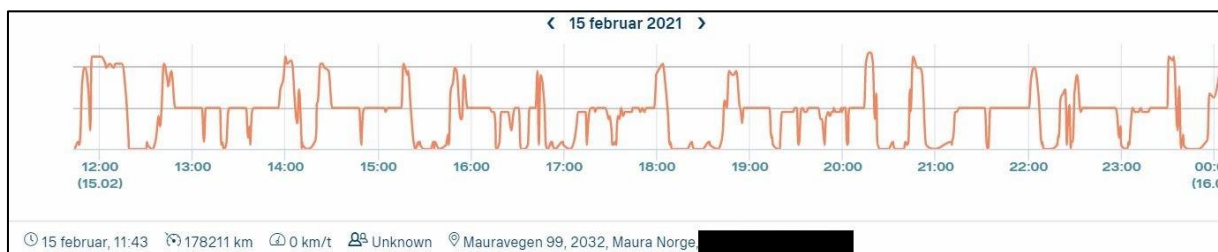
Systemet som har blitt brukt for å føre arbeidsoperasjoner er Zeekit, dette logger data automatisk og fører det inn i ELRAPP. Personen som skal utføre oppgaven må logge typen arbeidsoperasjon som skal utføres, da denne prosessen er ikke automatisk. Sjåføren må manuelt starte og avslutte arbeidsoperasjoner under kjøring, og dette fører til at produksjonsdata i ELRAPP kan se ut som i Figur 12.

Aktivitet start	Aktivitet slutt	Veg referanse	Driftsklasse	Plog nede [km]	Sideplog nede [km]	Strødd [km]	Samprod [km]
15.02.2021 12:46:26	15.02.2021 23:29:56	EV6	DkA	0,00	15,87	82,64	0,00
15.02.2021 13:06:27	15.02.2021 23:29:37	EV6	DkA	78,45	77,52	79,14	79,14
15.02.2021 13:25:08	15.02.2021 23:16:07	EV16	DkA	51,13	38,34	51,24	51,24
15.02.2021 12:59:46	15.02.2021 23:05:14	EV16	DkA	0,00	0,13	13,64	0,00
15.02.2021 16:15:22	15.02.2021 17:24:16	EV16	si	1,29	0,93	1,43	1,43

Figur 12: Eksempel der lastebilen har gått på forskjellig kjøring 15.februar. Utklipp fra produksjonsdata.

I Figur 12 ser man fem ulike aktiviteter som er startet på E6 og E16 mellom kl. 12:46 og 13:25, alle aktivitetene er avsluttet mellom 23:25 og 23:29. I dette tidsrommet er det ikke mulig å se om operasjonene har foregått samtidig eller om operasjonene er adskilte.

Det er heller ikke mulig å se hva kjøretøyet har gjort ut ifra hastigheten fra flåtestyringen i Figur 13 på samme dag. I data som ser slik ut har det være vanskelig å finne nøyaktig tidspunkt for ulike operasjoner, og derfor er mye av gjennomgått data som forkastet.



Figur 13: Hastighet på lastebilen fra samme tidspunkt 15.februar. Utklipp fra flåtestyring.

Den 11.januar 2021 har lastebilen i Figur 14 kun gått på operasjonen «Kun fortplog». Dette stemmer bra med hastighetsmønsteret for denne perioden fra Figur 15, og det vil dermed være



mulig å se på liter drivstoff forbrukt og antall kilometer kjørt for denne dagen. Selv om det er noen variasjoner i hastighet er det mulig å velge områder i flåtestyringen som vil være representative for en lastebil som går på brøyting med frontplog.

Aktivitet start	Aktivitet slutt	Veg referanse	Driftsklasse	Plog nede [km]	Sideplog nede [km]	Strødd [km]	Samprod [km]
11.01.2021 12:58:12	11.01.2021 23:37:17	EV6	DkA	85,86	0,00	0,00	0,00
11.01.2021 14:37:05	11.01.2021 22:50:03	EV16	DkA	35,22	0,00	0,00	0,00
11.01.2021 15:03:46	11.01.2021 22:48:27	EV16		18,49	0,00	0,00	0,00

Figur 14: Eksempel der lastebilen har utført brøyting med frontplog 11. januar. Utklipp fra produksjonsdata.



Figur 15: Hastigheten til lastebilen når det utføres en operasjon 11. januar. Utklipp fra flåtestyring.

### 5.1.3 Kun frontplog

Ved gjennomgang av data fra «driftskontrakt 0205 Romerike midt», er det mulig å se ut fra resultatet at det har foregått lite brøyting med bare frontplog sammenlignet med enkelte andre operasjoner. Totalt er det 455 kilometer som ligger til grunn for beregning av gjennomsnittsforkonsumet, og alt dette kommer fra «Bil B». Vegtype, driftsklasse og det at salting ofte foregår samtidig er årsaken til at det er kjørt lite med «Kun frontplog» på denne kontrakten. På mindre veger med lavere driftsklasse, slik som i Figur 16, vil denne type kjøring forekomme oftere.

På bakgrunn av dette kan resultatet for forbruket på 0,563 l/km kan anses å være noe usikkert. Dersom bruk av frontplog sammenlignes med operasjon «Frontplog og salting» der forbruket er 0,573 l/km, er det likevel mulig å trekke en konklusjon på at verdien for bruk for brøyting med frontplog virker realistisk. Det kommer av at bilen kan ha en noe høyere totalvekt når salt er lastet på i tillegg, og det er da naturlig at forbruket av drivstoff vil være litt høyere (Høye, 2010).

For at resultatet skal gi gode tall på brøyting med frontplog for veger med DkA, DkB og DkC, bør datasettet utvides til å inkludere informasjon fra flere kjøretøy hvor denne operasjonen forekommer oftere.



Figur 16: Lastebil som utfører brøyting med frontplog. Foto: Mähler International.

#### 5.1.4 Kun sideplog

De fire lastebilene går med ulikt utstyr, og som vist i Tabell 4. «Bil B» og «Bil D» er utstyrt med Caway sideplog, vist i Figur 17, som er tre meter lengre og to tonn tyngre enn sideplogen som er påmontert «Bil C». Det er mulig å se ut ifra Tabell 6, Tabell 7 og Tabell 8 i «kapittel 4.1» at drivstofforbruket for operasjoner hvor sideplog av typen Caway er blitt brukt er noe høyere enn ved bruk av sideplog av typen 45b.

Bruk av sideplog vil variere etter hvor man er i landet. Da produksjonsdata i ELRAPP ikke tar høyde for hvilken sideplog som brukes er det funnet en felles faktor for bruk av sideplog, selv om det er noe forskjell i forbruket avhengig av hvilken type plog som brukes.

Det har ikke vært nok datagrunnlag til å finne forbruket ved bruk av kun sideplog. Dette kan skyldes at vegene bilene har gått på er av vinterdriftsklasse A, B og C, som medfører at det ofte saltes samtidig som det brøytes. I tilfeller hvor bare sideplog har blitt brukt, har data vært vanskelig å isolere og har dermed blitt forkastet. For å komme frem til en antatt verdi er det brukt verdier for drivstofforbruk fra operasjonene «Frontplog og salting» og «Kun frontplog». Differansen mellom disse er antatt lik differansen mellom operasjonene «Sideplog og salting» og «Kun sideplog». Dieselforbruket ender da på 0,614 l/km.

Det kan se ut som at salting vil ha lite innvirkning på drivstofforbruket til bilen dersom det saltes samtidig som det brøytes. Ettersom at det saltes ca. 5-30g/m<sup>2</sup> virker ikke dette usannsynlig (Sakshaug, 2007). Antakelsene er likevel gjort på begrenset datagrunnlag uten mye å sammenligne med, og kan dermed ha potensial for forbedring. Det er imidlertid funnet mye data for operasjonene «Kun salting» og «Frontplog, sideplog og salting». Ettersom at disse to operasjonene vil fungere som maks- og minimumsverdier for dieselforbruk innenfor vinterdrift i dette tilfellet, er det rimelig å anta at operasjonen «Kun sideplog» vil ligge innenfor dette intervallet, noe den gjør.



*Figur 17: Lastebil som utfører brøyting med sideplog. Foto: Mähler International.*

### **5.1.5 Frontplog og sideplog**

Det har ikke vært nok datagrunnlag til å finne forbruket ved bruk av frontplog og sideplog. Dette skyldes at vegene bilene har gått på er av vinterdriftsklasse A, B og C, som medfører at det ofte saltes samtidig som det brøytes. I tilfeller hvor det ikke har blitt saltet har data vært vanskelig å isolere, og har dermed blitt forkastet. For å komme frem til en antatt verdi er det brukt verdier for drivstofforbruk fra operasjonene «Frontplog og salting» og «Kun frontplog». Differansen mellom disse er antatt lik differansen mellom operasjonene «Frontplog, sideplog og salting» og «Frontplog og sideplog».

Som ved operasjonen «Kun sideplog» er det antatt at saltet vil ha liten innvirkning på drivstofforbruket til lastebilen. Antatt forbruk ligger innenfor intervallet for maks- og minimums verdier for drivstofforbruk.

### **5.1.6 Kun salting**

Med over 18 000 kjørte kilometer og datagrunnlag fra alle fire kjøretøyene, er «kun salting» den operasjonen det er mest datagrunnlag på. Dette gjør at faktor for gjennomsnittsforgbruk på 0,439 l/km kan anses å være en nøyaktig faktor for alle veger med driftsklasse A, B og C.

I datasettet som ble analysert har det kommet frem enkelte variasjoner innen operasjonen «Kun salting», men dette er variasjoner fra bil til bil som kan komme av faktorer som forskjellig sjåfør, kjøreforhold og vegstrekningen de har gått på. Alle bilene har gått med tørt salt, saltløsning og befuktet salt/saltslurry. Det har ut ifra gjennomgått data ikke vist seg å være noen tydelige forskjeller som påpeker variasjon i utslipp basert på sprede-metoden som er brukt. Det er derfor konkludert med at forbruket og utslippsfaktoren for salt vil gjelde for alle saltmetoder.

Sand som strømiddel har ikke vært benyttet av de fire lastebilene tallene baserer seg på. Det har derfor ikke eksistert tall på dieselforgbruk ved sanding. Ved beregninger i «ELRAPP-metoden» der all strøing sees under ett, benyttes faktoren for «Kun salting» på all strøing. Dette kommer av at det brukes tilsvarende utstyr til spredning av sand som av salt.

### **5.1.7 Frontplog og salting**

Kjøring med frontplog og salting brukes mye på veger med driftsklasse A, B og C. Det har derfor vært mulig å hente ut data fra 2782 kilometer for denne type kjøring. Forbruk og utslipp som er funnet for «Frontplog og salting» ligger ikke mye over faktorene for «Kun frontplog», noe som gir mulighet for å undersøke saltets påvirkning på dieselforgbruket når det saltet i kombinasjon med annet arbeid.

### **5.1.8 Sideplog og salting**

For operasjonen «Sideplog og salting» er det funnet drivstofforgbruk basert på 840 kilometer utført arbeid fra «Bil C». Faktoren for forbruk vil dermed ha potensial for forbedring. Bilen har kjørt med Caway sideplog, som er 5,5m bred og veier 3450kg, den vil derfor ha noe høyere forbruk enn lastebiler som går med mindre sideploger. «Sideplog og salting» er samtidig en operasjon som forekommer sjeldent. Andelen kjøring med "Sideplog og salting" ses i Tabell 11. Dette er dermed en operasjon som vil ha liten innvirkning på totalutslippet.

### 5.1.9 Frontplog, sideplog og salting

For operasjonen «Frontplog, sideplog og salting» er det blitt sammenlignet data fra 6679 kjørte kilometer fra «Bil B», «Bil C» og «Bil D». Dette er den operasjonen det er mest data på etter «Kun salting».

Data viser at «Bil B» og «Bil D» har noe høyere forbruk, og dette kan komme av at bilene er påmontert en Caway sideplog, som i Figur 18. Gjennomsnittsforkonsumet for operasjonen er 0,705 l/km. Ettersom at dette er den tyngste operasjonen som har foregått, vil det være mulig å anta at denne vil fungere som øvre grense for forbruk innen vinterdriftsoperasjoner som foregår på veier med driftsklasse A og B.



Figur 18: Lastebil som utfører brøyting med front- og sideplog. Foto: Mähler International.

### 5.1.10 Aktiviteter og kjøretøy som ikke er medregnet

I kontrakten denne oppgaven baserer seg på brukes ikke veghøvel eller underliggende skjær på lastebil da det er "bar-veg strategi" på store deler av kontraktsområdet. Det har derfor ikke vært mulig å hente ut faktorer for kjøring med slikt utstyr. Høvling er en operasjon som utføres mye i snørike områder og der vegene har driftsklasse D og E. Det krever store maskiner, som vist i Figur 21 og Figur 22, og det er dermed mulig å anta at dieselforbruket vil være nokså høyt ved slike operasjoner. Det vil være gunstig å få mer data tilknyttet høvling, slik at man kan legge inn høvling i metoden for utregning av CO<sub>2</sub>-utslipp.

Brøyting og strøing med traktor og hjullaster, som vist i Figur 19 og Figur 20, skjer ofte på gang- og sykkelveger og kan inngå i riksvegskontraktene til Statens vegvesen. Det har ikke blitt funnet faktorer for disse kjøretøyene i denne oppgaven.



Figur 19 Traktor med frontplog. Foto: Maehlers international.



Figur 20 Hjullaster med u-plog. Foto: Tokvam AS



Figur 21 Veghøvel med brøyteskjær. Foto:Maehlers international



Figur 22 Lastebil med underliggende skjær. Foto: Maehlers international

## 5.2 Estimering ved «ny metode»

I Statens vegvesens system ELRAPP ligger produksjonsdata som kan hentes ut som Excel-filer. Operasjoner som inneholder frontplog, sideplog, høvling og strøing føres inn, noe som har gjort det mulig å skille alle de enkelte operasjonene og kombinasjonene automatisk. Da det er kommet frem til at de forskjellige operasjonene har ulikt utslipp, vil bruk av produksjonsdata i ELRAPP kunne være en effektiv måte å beregne utslipp fra vinterdrift. Regnearket som er utarbeidet ut fra innrapportert produksjonsdata, vist i Figur 8, gjør det mulig å estimere CO<sub>2</sub>-utslipp fordelt på sted, tidsrom, kjøretøy, kontrakter eller arbeidsoperasjoner. Dette gjør at det blir enkelt å få kontroll over hvor utslippene kommer ifra.

Sanding har ikke foregått i analysert datasett, i «ny metode» er det dermed antatt at salting og sanding vil ha samme faktor for drivstofforbruk og CO<sub>2</sub>-utslipp.

Noe kjøring som kan ses i tilknytning til vinterdrift blir ikke medregnet. Kjøringen som logges i ELRAPP bestemmes av når utstyret på kjøretøyene aktiveres, for eksempel når brøytepløgen senkes eller saltsprederen slås på. Dette fører til at kjøring til og fra området som skal brøytes/saltes, og annen tomkjøring, ikke føres som produksjonsdata.

De indirekte utslippene fra salting og sanding som er brukt på kontrakten vil ikke bli medregnet i regnemodellen. For å finne CO<sub>2</sub>-utslipp fra produksjon og transport av materialene vil det være nødvendig å hente ut disse mengdene fra mengdedata. For sand vil det være vanskelig å regne med frakt på grunn av stor variasjon i distanse til steinleverandør, men det er mulig å få med utslipp fra produksjonen. Dette kan gjøres ved bruk av EPDer som er utarbeidet av leverandørene. For salt har enkelte saltimportører tall for utslipp fra produksjon og frakt som gjøre at det er mulig å regne med dette utslippet, et eksempel på dette finnes i Tabell 3.

Hver aktivitet i produksjonsdata er knyttet opp mot ett kjøretøy. Alle kjøretøy står oppført med sitt eget nummer som er knyttet opp mot GPS-systemet som brukes i kjøretøyene. Dersom kjøretøytypen kan knyttes opp til dette nummeret, vil det være mulig å skille ut hva som er kjørt med traktor, lastebil eller veghøvel. Ved å skille ut de ulike kjøretøytypene kan det brukes reelle faktorer for hver av de ulike maskinene, noe som vil gjøre estimatet mer nøyaktig. Estimatet kan forbedres ytterligere dersom det jobbes med å få faktorer for forskjellige typer lastebiler og motorstørrelser.

Beregning av CO<sub>2</sub>-utslipp ved «ny metode» kan inneholde noen usikkerheter på grunnlag av feilkildene som er knyttet opp mot faktorene som er funnet for utslipp. Det vil likevel, på bakgrunn av all data som føres i dag, være en enkel og relativt nøyaktig metode for å få oversikt over utslipp fra vinterdrift, uten å pålegge entreprenørene noe merarbeid.

### 5.3 Eksisterende estimat

Ved tildeling av denne oppgaven hadde Statens vegvesen et ønske om at deres eksisterende estimat ble gjennomgått og kontrollert. De var tydelige på at dette er et grovt estimat basert på tall fra andre aktører. Estimaten tar utgangspunkt i kilometer brøytet og gjennomsnittlig årlig saltmengde for å regne ut et estimert CO<sub>2</sub>-utslipp.

Resultat fra brøyting viser at eksisterende utslippsfaktor for brøyting er noe høy i forhold til hva som er kommet frem til i «kapittel 4.1». Basert på interne dokumenter fra Statens vegvesen viser det seg at dieselforbruket det er tatt utgangspunkt i er for lavt, mens utslippsfaktor for CO<sub>2</sub> pr. liter diesel er for høy. Det er disse tallene den eksisterende faktoren på 1,75 kg CO<sub>2</sub> pr km kommer fra.

Faktoren som ble brukt i eksisterende estimat for saltproduksjon har vist seg å være for vakuumsalt. I Norge brukes det i hovedsak steinsalt og sjøsalt på vegnettet, og ved bruk av faktoren for vakuumsalt vil ikke estimaten være representativt for dagens situasjon. I dagens estimat er det indirekte utslippet fra salting for høyt, og dette medfører også at totalutslippet er høyere enn det skal være. Ved bruk av mer reelle faktorer for saltproduksjon senkes utslippet betraktelig, og selve utkjøringen av saltet vil utgjøre en større andel av totalutslippet i estimaten.

Det direkte utslippet fra salting er basert på en faktor for dieselforbruk pr. tonn salt og utslippsfaktor for kg CO<sub>2</sub> pr liter diesel. Dette er erfaringstall fra VegLCA, noe som gjør det vanskelig å finne ut hva dette tallet innebærer. Ved å regne ut kg CO<sub>2</sub> pr. tonn salt er det vanskelig å vite om utslippet blir dobbeltført basert på salting som skjer i kombinasjoner med andre operasjoner.

På bakgrunn av dette gir denne metoden et greit estimat for brøyting og for indirekte utslipp fra salting, men vil være dårlig for estimering av utlegging av salt og for kombinasjonskjøring. Andelen salting som har foregått uten brøyting vil variere for hvilke



kontrakter det blir tatt utgangspunkt i og for hvilket år det blir sett på. Metoden gir ikke mulighet til å skille på de ulike kombinasjonene av operasjoner som forekommer under vinterdrift. Ved bruk av «ny metode» vil det være mulig å komme frem til et mer nøyaktig estimat, med mulighet til å oppdatere og forbedre utslippstall undervegs.

Det har ikke vært mulig å finne gode kilder på en eksakt verdi for spreddebredde. Derfor har det blitt antatt spreddebredde på 3m. Denne vil kunne variere ut ifra hvilken veg som blir saltet og vil ha en innvirkning på totalt utslipp fra salting. Saltmengden kan variere ut ifra metoden som blir benyttet for utlegging, dette vil også kunne ha innvirkning på totalt utslipp fra salting.

## 5.4 Innrapportering av CO<sub>2</sub>-utslipp

Det er flere usikkerhetsmomenter rundt dagens føring av CO<sub>2</sub>-utslipp fra driftskontraktene. Ved gjennomgang av tallene ble det oppdaget at innrapporteringen består av flere feil, og at det av den grunn ikke vil gi et godt nok bilde på det totale utslippet fra vinterdriftssesongen. For å få en best mulig oversikt over hvordan føringen gjøres og tanker rundt dette, har det blitt opprettet kontakt med flere entreprenører.

Føringen gjøres i ett enkelt Excel skjema fra Statens vegvesen, som er utformet etter malen fra «C3 Spesielle kontraktsbestemmelser». For å komme frem til utslippet er det lagt opp til at enten literforbruk, kjørte kilometer eller arbeidstimer, som vist i Figur 23, Figur 24 og Figur 25, skal ganges inn med en faktor for CO<sub>2</sub>.

Kjøretøyer og annet utstyr som rapporterer faktisk forbrukt drivstoff innenfor kontraktsarbeidene:									
Reg.nr.	Årsmodell	Miljøklasse	Kjøretøytype	Modellbetegnelse	Drivstofftype	Annet om vedk. kjøretøy	Literforbruk	CO <sub>2</sub> pr. liter	CO <sub>2</sub> denne måned

Figur 23: Innrapportering basert på literforbruk..

Kjøretøyer og annet utstyr som rapporterer utkjørte km innenfor kontraktsarbeidene:								
Reg.nr.	Årsmodell	Miljøklasse	Kjøretøytype	Modellbetegnelse	Drivstofftype	Annet om vedk. kjøretøy	Kjørte km	CO <sub>2</sub> pr. km

Figur 24: Innrapportering basert på kjørte kilometer.

Kjøretøyer og annet utstyr som rapporterer utførte arbeidstimer innenfor kontraktsarbeidene:								
Reg.nr.	Årsmodell	Miljøklasse	Kjøretøytype	Modellbetegnelse	Drivstofftype	Annet om vedk. kjøretøy	Arbeidstimer	CO <sub>2</sub> pr. time

Figur 25: Innrapportering basert på arbeidstimer.

Det er i dag mulig å finne et tilnærmet eksakt tall på CO<sub>2</sub>-utslipp fra personbiler og varebiler da det er lite variasjon i belastning på disse kjøretøyene. Utslippet i [g/km] finnes ved å gjøre et søk under «kjøretøyopplysninger» på Statens vegvesen sine nettsider (Statens vegvesen, u.d.). Tilsvarende informasjon finnes ikke for lastebiler da utslippet vil variere stort ut fra arbeidsoperasjon og totalvekt. For traktorer, hjullastere og veghøvlere vil det og være stor variasjon i utslipp basert på mange faktorer slik som snømengde, bruk av kjetting, størrelse på maskinen og plogtype mm.

På bakgrunn av disse variablene, vil det være vanskelig å få et nøyaktig estimat for føring av utslipp med en fastsatt faktor for CO<sub>2</sub> pr. km for hvert kjøretøy, for utenom varebiler og personbiler. For å få utslippstallene mer nøyaktig, vil det være mer hensiktsmessig om drivstofforbruk for hvert kjøretøy føres inn i Excel-arket. Dette på grunnlag av at det pr. liter diesel slippes ut 2,66 kg CO<sub>2</sub> uavhengig av motortype og avgass-system (Miljødirektoratet, 2020). Selv om dieselforbruk er noe som vil gi et nøyaktig utslipp, kan det samtidig være vanskelig å få ført inn da ikke alle entreprenører har oversikt over dieselforbruk pr. kjøretøy. Ofte er det flere underentreprenører som utfører arbeid på kontraktene. Om føringsmåten endres, er dette noe som bør tas hensyn til.

Føring av arbeidstimer og CO<sub>2</sub> pr. time vil være mest aktuelt for kjøretøy som har varierende arbeidsoppgaver der forbruk pr. km. vil kunne variere stort. Dette gjelder blant annet traktor og veghøvel. Slike kjøretøy bruker også timeantall, istedenfor kjørte kilometer slik som biler og lastebiler, til å avgjøre tid for service og vedlikehold. Det vil derfor kunne være mer hensiktsmessig å ta utgangspunkt i timeforbruk for denne type maskiner.

Generelt sett virker det som at entreprenørene har fått for lite informasjon om hvordan dataene bør føres, og at innrapporterte tall ikke følges opp i stor nok grad fra Statens vegvesen. Dette kan skyldes at innrapportering av klimagassutslipp er i oppstartsfasen, og at det er en ny ting å ta stilling til for begge parter. Fra entreprenørens side kan det oppleves at føringen blir en oppgave som «gjøres fordi den må gjøres», da hovedprioriteten er å sikre trygge og gode kjøreforhold på vegene. For å kvalitetssikre utslippsføringen for nye sesonger, bør det understrekes hva det skal brukes til, og utarbeides en mal som kan gjøre det enklere for entreprenørene å fylle ut skjemaet.

## 6 Innovasjon

Innovasjon er et viktig fokusområde ved NTNU som bygger opp under universitets visjon «*Kunnskap for en bedre verden*». På bakgrunn av dette inneholder oppgaven et innovasjonskapittel, der gruppen valgt å fokusere på bruken av ELRAPP som rapporteringsverktøy for alle operasjoner innen drift og vedlikehold, med tilhørende automatisk utregning av CO<sub>2</sub>-utslipp ved bruk av «*ny metode*».

Formålet med å utvikle en metode i ELRAPP som rapporteringsverktøy for utslipp vil være å få så realistiske og nøyaktige tall på klimagassutslipp som mulig. I tillegg er det ønskelig å forenkle føring og rapportering for både entreprenører og Statens vegvesen, ved å legge til rette for et system som krever lite ekstra jobb etter utvikling.

Det vil være fordelaktig om samme metode benyttes for alle driftskontrakter over hele landet, da det sikrer at alle beregninger gjøres på samme grunnlag. Det kan for eksempel gi store variasjoner og utslag dersom entreprenørene selv får velge hvordan utslipp fra deres kontrakt skal føres og innrapporteres. Ved å ha en metode som er utviklet av Statens vegvesen slipper det også å bli usikkerheter rundt tallene som er hentet inn, i og med at metoden og beregningsgrunnlag er utviklet av de som skal behandle tallene videre.

Som beskrevet tidligere i denne oppgaven, er det mulig å gjøre beregninger fra vinterdrift ved å benytte produksjonsdata i ELRAPP og faktorer for CO<sub>2</sub>-utslipp for hver arbeidsoperasjon. Denne metoden vil kreve noe utvikling for at den skal kunne gjelde for alle driftsklasser, kjøretøytyper og operasjoner. Tanken er det skal være mulig å gjøre noe tilsvarende for det som gjøres i sommerhalvåret innen sommerdrift.

Ved å se på det eksisterende estimatet for klimagassutslipp fra drift og vedlikehold, er det mulig å se at sommerdrift står for en liten andel av utslippet sammenlignet med vinterdrift. Dersom Statens vegvesen skal få en oversikt over totalen, vil det likevel være nødvendig å se på begge deler. For å få gode beregninger for sommer- og vinterdrift vil det være viktigst å få med de operasjonene som utgjør hovedkilden til CO<sub>2</sub>-utslipp. Dette kan eksempelvis være brøyting, salting, sanding, skiltvask, kantslått, feiing, grøfterensk og kumtømming.

For sommerdrift finnes det ikke produksjonsdata på det utførte arbeidet slik som for vinterdrift. Innrapportering av CO<sub>2</sub>-utslipp fra entreprenør slik som beskrevet i «kapittel 5.4» skal utføres, men de samme feilkildene vil gjelde også her. For å benytte ELRAPP-metoden,

er det tiltenkt at produksjonsdata skal logges for de største operasjonene innen sommerdriften. Dette kan gjøres ved at det stilles krav om bruk av datasystem/driftsinformasjonssystem slik som for vinterdrift. Det bør ikke være et problem i og med at dette er noe både Statens vegvesen og entreprenørene allerede er kjent med.

For ulike kjøretøy vil det være nødvendig å finne utslippsdata, og dette kan gjøres på tilsvarende måte som beskrevet i «kapittel 3.3.1». Det vil også være nødvendig å bestemme hvilke benevninger [CO<sub>2</sub> pr. x] som er mest hensiktsmessig å bruke for de ulike arbeidsoperasjonene.

For en asfaltutlegger vil det kunne være hensiktsmessig å regne i kg CO<sub>2</sub> pr. m<sup>2</sup> asfaltert veg, mens for gravemaskiner som går på grøfterensk gjerne må ha kg CO<sub>2</sub> pr. m rensket grøft. For kantslått (Figur 26) kan det også brukes pr. meter, men der bør det differensieres på kjøring med hjullaster og traktor. Skiltvask kan beregnes ut fra kilometer kjørt.



*Figur 26: Kantslått langs veg. Foto: Hanne Mørch.*

Med en inndeling der det er mulig skille mellom ulike operasjoner, vil det være mulig å se hva som utgjør hovedtyngden av utslipp for ulike driftskontrakter. Med et godt bilde på dette, er det mulig å sette makskrav for utslipp eller krav til andel lavutslippskjøretøy på kontrakten. Dette bør ses i sammenheng med at trafikksikkerhet kommer først, og at krav til kutt fra kontrakter kan føre til at kvaliteten på vegen og tilhørende område kan bli dårligere, noe som bør unngås.

## 7 Konklusjon

Faktorene og metoden som er kommet frem til i denne oppgaven kan brukes til å få et estimat for CO<sub>2</sub>-utslippet fra brøyting og salting. Enkelte av faktorene for gjennomsnittsforkbruk er funnet basert på lite data, men ligger innenfor intervallet som er forventet, basert på all dokumentasjon som er innhentet. Dette gjør at estimatet vil ha noe usikkerhet i seg, men tatt i betraktning den totale mengden data vil resultatet kunne gi et godt overslag.

Faktorene som danner grunnlaget for estimatet er basert på fire biler over et gitt geografisk område, de vil dermed gi et godt bilde av utslippet for kjøretøy på veger av tilsvarende driftsklasser som utfører tilsvarende arbeidsoperasjoner. Variasjoner som stigning, snømengde og temperatur har ikke har blitt tatt hensyn til her. Dette er faktorer som vil kunne påvirke utslippet, men for å kunne si mer om disse vil det kreve data fra flere kontraktsområder enn det som har vært mulig å analysere i denne oppgaven.

Ved bruk av metoden vil det heller ikke være behov for at entreprenørene skal føre utslippsdata selv. Dette fjerner flere feilkilder og vil gi en enklere dokumentbehandling da det blir færre dokument som fylles ut. Oppfølging av CO<sub>2</sub>-utslipp vil kunne skje på en enkel måte, da Statens vegvesen får inn data fortløpende gjennom kontraktsperioden, og kan se hvilke områder som står for størsteparten av utslippene.

Dersom metoden benyttes for å skille utslippet mellom de forskjellige operasjonene, vil den gi et godt bilde på hvor det slippes ut mest. Den gir også muligheten til å skille mellom direkte og indirekte utslipp. Etersom at Statens vegvesen ønsker å kutte utslippet innen drift og vedlikehold vil informasjon om hvilke operasjoner som slipper ut mest være meget nyttig, slik at man kan sette krav til de operasjonene som slipper ut mest klimautslipp.

## 8 Veien videre

For å kvalitetssikre og videreutvikle verdiene for gjennomsnittlig forbruk pr. operasjon er det nødvendig med mer data. Dette bør omfatte alle vinterdriftsklasser, og differensieres ut fra de ulike arbeidsmetodene (strøing, brøyting, høvling eller en kombinasjon) som logges i ELRAPP. For å få mest mulig nøyaktig data på gjennomført aktivitet og kilometer kjørt, er det mulig å ta utgangspunkt i Zeekit eller andre dataloggsystem som er direkte koblet opp mot kjøretøyet, samt se på flere ulike kjøretøy over flere år. Dette bør igjen kunne sees opp mot reelt dieselforbruk, som for eksempel kan hentes ut fra flåtestyring. Da Scantias flåtestyring opererer med en times nøyaktighet, vil det være relevant å undersøke om andre flåtestyringer kan skille ut dieselforbruk på minuttnivå.

Det vil være viktig å finne data for andre kjøretøy innen vinterdrift, slik som traktor, hjullaster og veghøvel for å finne gjennomsnittlig drivstofforbruk også på disse operasjonene. Høvling med underliggende skjær på lastebil og tung høvel er ikke tatt med i denne oppgaven på grunn av manglende data. Faktor for dette må derfor beregnes for å få et nøyaktig utslipp fra produksjonsdataen i ELRAPP, da høvling står oppført som en egen operasjon. På kontrakter med stor andel veger med snø- og isdekke, og behov for høvling kan dette utslippet ha betydning for totalen.

Om faktorene kommer på plass, vil det være mulig å estimere det direkte utslippet ved å benytte «ny metode», slik som beskrevet i «kapittel 5.2» og metoddelen. Neste steg for å utvikle denne modellen videre, vil være å skille ulike kjøretøy fra hverandre, for eksempel lastebil, traktor og hjullaster.

Alle driftskontrakter for riksveger med oppstart i 2020 og utover skal føre CO<sub>2</sub>-utslipp fra sine kontrakter. Dersom dette skal gjøres under dagens mal, bør dette utbedres for å gjøre jobben lettere for både entreprenør og Statens vegvesen. For å sikre en felles forståelse bør det legges opp til veiledning i føring og oppfølging av innrapporterte tall. En enkel utbedring i dag kan være å legge opp til en snittverdi for CO<sub>2</sub> pr. kilometer pr. kjøretøytype dersom kilometer kjørt føres inn.

For å sikre gode tall på utslipp for hele året fra drift og vedlikehold, trengs det en plan på hvordan det skal gjøres for sommerdrift. Dersom dette skal gjøres i eksisterende Excel-skjema for innrapportering, kan det være hensiktsmessig å samarbeide med entreprenører for å avklare hvordan dette kan gjøres på en så god og effektiv måte som mulig.

## Figurer

Figur 1: Oversikt over klimagassutslipp fra veitrafikk (Miljødirektoratet, 2020). .....	2
Figur 2: Vinterdriftklasser og godkjente føreforhold. Hentet fra Vegdirektoratets Håndbok R610, s.120. ....	5
Figur 3 Figur: Indirekte utslipp fra salt (produksjon + frakt) [F. Eide – GC Rieber]. ....	9
Figur 4: Utklipp fra produksjonsdata. ....	13
Figur 5: De syv operasjonene ifb. salting og brøyting. ....	13
Figur 6: Utslippsfaktorer som er beregnet ut fra dieselforbruk. ....	20
Figur 7: Dieselforbruk med målt og estimert forbruk. ....	20
Figur 8: Tillaget eksempel for å vise regnemodell fra «ny metode». ....	21
Figur 9: Beregnet CO <sub>2</sub> -utslipp for DK 0205 Romerike midt 01.09.20-30.04.21 fra regnemodell «ny metode». ....	21
Figur 10: Lastebil fra SLT AS, med sideplog og frontplog. Foto: Mähler International. ....	26
Figur 11: Scantias flåtestyring. Utklipp fra flåtestyring. ....	27
Figur 12: Eksempel der lastebilen har gått på forskjellig kjøring 15.februar. Utklipp fra produksjonsdata. ....	28
Figur 13: Hastighet på lastebilen fra samme tidspunkt 15.februar. Utklipp fra flåtestyring. ...	28
Figur 14: Eksempel der lastebilen har utført brøyting med frontplog 11. januar. Utklipp fra produksjonsdata. ....	29
Figur 15: Hastigheten til lastebilen når det utføres en operasjon 11. januar. Utklipp fra flåtestyring. ....	29
Figur 16: Lastebil som utfører brøyting med frontplog. Foto: Mähler International. ....	30
Figur 17: Lastebil som utfører brøyting med sideplog. Foto: Mähler International. ....	31
Figur 18: Lastebil som utfører brøyting med front- og sideplog. Foto: Mähler International. ....	33
Figur 19 Traktor med frontplog. Foto: Maehlers international. ....	34
Figur 20 Hjullaster med u-plog. Foto: Tokvam AS ....	34
Figur 21 Veghøvel med brøyteskjær. Foto:Maehlers international ....	34
Figur 22 Lastebil med underliggende skjær. Foto: Maehlers international. ....	34
Figur 23: Innrapportering basert på literforbruk. ....	37
Figur 24: Innrapportering basert på kjørte kilometer. ....	37
Figur 25: Innrapportering basert på arbeidstimer. ....	37
Figur 26: Kantslått langs veg. Foto: Hanne Mørch. ....	40

## Tabeller

Tabell 1: Brøyteareal og strøareal (Vegdirektoratet , 2014). .....	6
Tabell 2: Metoder for utlegging av salt. Hentet fra SVVs rapport nr. 2493, s.11 .....	8
Tabell 3: CO <sub>2</sub> -utslipp fra produksjon og transport av salt til Norge [F. Eide – GC Rieber].....	9
Tabell 4: Kjøretøyoversikt.....	16
Tabell 5: Resultat - Bil A.....	17
Tabell 6: Resultat - Bil B .....	17
Tabell 7: Resultat - Bil C.....	17
Tabell 8: Resultat - Bil D.....	17
Tabell 9: Resultat - Totalt for målte verdier .....	18
Tabell 10: Resultat – utslippsfaktorer og dieselforbruk .....	19
Tabell 11: Kjørte kilometer pr. operasjon for fem driftskontrakter i ulike regioner. Funnet ved hjelp av «ny metode».....	22
Tabell 12: Beregnet CO <sub>2</sub> -utslipp i kg for fem driftskontrakter i ulike regioner. Funnet ved hjelp av «ny metode».....	22
Tabell 13: Eksisterende og korrigert utslipp fra brøyting pr. år.....	23
Tabell 14: Eksisterende og korrigert indirekte utslipp fra salting pr. år. ....	24
Tabell 15: Eksisterende og korrigert direkte utslipp fra salting pr. år. ....	24
Tabell 16: Totalt CO <sub>2</sub> -utslipp for brøyting og salting av SVV sine veger pr. år, eksisterende og korrigert. ....	24

## Vedleggsliste

Vedlegg 1 – Korrigert utslippsfaktor for brøyting

Vedlegg 2 – Korrigert utslipp for «Kun salting»



## Referanser

Bilimportørenes landsforening, 2014. *bilimportorene.no*. [Internett]

Available at: <https://bilimportorene.no/euro-6-nye-utslippskrav-for-tunge-kjoretoy-fra-1-januar-2014/?fbclid=IwAR2E9IyyYMbG9se-xEJKIA0qrvnfp3cQ0sa5T4ho5Dy54T7YdW1b2AdFwhA>

[Funnet 31.03.2021].

Davanger, C., 2019. *buildingsupply.no*. [Internett]

Available at:

[https://www.buildingsupply.no/article/view/664689/risa\\_med\\_banebrytende\\_driftskontrakt\\_med\\_nye\\_veier](https://www.buildingsupply.no/article/view/664689/risa_med_banebrytende_driftskontrakt_med_nye_veier)

[Funnet 19.03.2021].

Eide, F., 2021. *Environmental Declaration Sodium Chloride*, s.l.: GC Rieber.

Høye, A., 2010. *tshandbok.no*. [Internett]

Available at: <https://www.tshandbok.no/del-2/4-kjoeretoeyteknikk-og-personlig-verneutstyr/4-30-regulering-av-vekt-og-storrelse-for-tunge-kjoretoy/>

[Funnet 23.04.2021].

Miljødirektoratet, 2020. *Miljodirektoratet.no*. [Internett]

Available at: <https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/kliमारbeid/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energiplanlegging/tabeller-for-omregning-fra-energivarer-til-kwh/>

[Funnet 13.04.2021].

Miljødirektoratet, 2020. *miljostatus.miljodirektoratet.no*. [Internett]

Available at: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-fra-veitrafikk/>

[Funnet 29.03.2021].

Miljødirektoratet, 2021. *miljostatus.miljodirektoratet.no*. [Internett]

Available at: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/klima/miljomal-5.2/>

[Funnet 29.03.2021].

Sakshaug, T. V. o. K., 2007. *Salting av veger - En kunnskapsoversikt*, Trondheim: SINTEF.

Sintef , 2013. *sintef.no*. [Internett]

Available at: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2013/jakter-pa-det-perfekte-veisalt/>

[Funnet 27.04.2021].

Statens vegvesen, 15.07.2020. *vegvesen.no*. [Internett]

Available at: <https://www.vegvesen.no/fag/veg+og+gate/drift+og+vedlikehold/ELRAPP>

[Funnet 30.03.2021].

Statens Vegvesen, 2013. *D2-ID9300a Bruk av salt*, s.l.: Statens Vegvesen.

Statens vegvesen, 2020. *vegvesen.no*. [Internett]

Available at: <https://www.vegvesen.no/fag/veg+og+gate/drift+og+vedlikehold>

[Funnet 14.03.2021].

Statens vegvesen, 2020. *vegvesen.no*. [Internett]

Available at:

<https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/miljo+og+omgivelser/klima/klimagassreduksjone-r-i-anlegg-og-drift>

[Funnet 29.03.2021].

Statens vegvesen, 2020. *vegvesen.no*. [Internett]

Available at:

<https://www.vegvesen.no/fag/veg+og+gate/drift+og+vedlikehold/Vinterdrift/standardkrav>

[Funnet 13.04.2021].

Statens vegvesen, 2020. *Vegvesen.no*. [Internett]

Available at:

<https://www.vegvesen.no/fag/veg+og+gate/drift+og+vedlikehold/Vinterdrift/andre-vinteroppgaver>

[Funnet 26.04.2021].

Statens vegvesen, 2021. *vegvesen.no*. [Internett]

Available at:

<https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/nyheter/nasjonalt/statens-vegvesen-setter-nye-miljokrav-til-de-som-skal-drifte-riksvegene>

[Funnet 25.03.2021].

Statens vegvesen, 2021. *vegvesen.no*. [Internett]

Available at: <https://www.vegvesen.no/trafikkinformasjon/langs-veien/drift-og-vedlikehold-av-vei/broyting-stroing-og-salting-av-vei>

[Funnet 19.03.2021].

Statens vegvesen, 2021. *vegvesen.no*. [Internett]

Available at: <https://www.vegvesen.no/s/anbud/dkmal2021/>

[Funnet 14.04.2021].

Statens vegvesen, 30.05.2015. *Lærebok : Drift og vedlikehold av veger*. [Internett]

Available at: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/2659628>

[Funnet 13.04.2021].

Statens vegvesen, u.d. *vegvesen.no*. [Internett]

Available at:

<https://www.vegvesen.no/kjoretoy/Kjop+og+salg/Kj%C3%B8ret%C3%B8yopplysninger>

[Funnet 09.04.2021].

Stølen, S. I., 2019. *lastebil.no*. [Internett]

Available at: <https://lastebil.no/Aktuelt/Nyhetsarkiv/2019/7-av-10-kjoerte-kilometer-foregaarna-med-Euro-VI-kjoeretoey>

[Funnet 12.04.2021].

Vegdirektoratet , 2014. *R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger*. [Internett]

Available at:

[https://www.vegvesen.no/\\_attachment/61430/binary/964067?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+R610+Standard+for+drift+og+vedlikehold+av+riksveger.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/61430/binary/964067?fast_title=H%C3%A5ndbok+R610+Standard+for+drift+og+vedlikehold+av+riksveger.pdf)

[Funnet 10.03.2021].

Vegdirektoratet, 2010. *Opplæring drift og vedlikehold, Modul V7*. [Internett]

Available at: [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/207355/binary/399655](https://www.vegvesen.no/_attachment/207355/binary/399655)

[Funnet 26.04.2021].