



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp
Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

Sammenligning av klima- og luftutslipp fra sjø- og veitransport ved pukk- og asfaltleveranser i Oslo kommune

En studie av kort- og langreist asfalt

Mina Shayan
MSc. Fornybar energi

Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på en femårig utdannelse i Fornybar energi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven har gitt meg stor innsikt i et viktig tema, og bidratt til å øke min interesse for samferdsel og klima- og luftutslipp.

Oppgaven er skrevet i samarbeid med Oslo Havn KF. Oslo Havn KF er Norges største offentlige gods- og passasjerhavn, og er et kommunalt foretak (Neilson & Lindholt 2017). Oslo Havns miljøvisjon er å jobbe for et renere hav, en friskere luft og grønnere by. Oslo Havn KF er miljøsertifisert etter ISO 14001-standarden. Det innebærer at de fra 2015 må foreta livsløpsvurdering av egen virksomhet og bruke disse for å redusere utslipp, beskytte miljøet og jobbe mer forebyggende.

Jeg vil gjerne takke alle som har bidratt med lesing og innspill i arbeidet med denne oppgaven. Den største takken rettes til mine to veiledere som jeg har hatt gleden av å ha jevnlig møter med dette semesteret. Begge har vært viktige kritikere på hver sin måte, og bidratt til oppgavens utvikling. Professor Ole Jørgen Hanssen, min hovedveileder fortjener en enorm takk for hans faglige veiledning, verdifulle tilbakemeldinger og oppmuntring underveis. Jeg takker også de ansatte i Østfoldforskning som har delt sin kunnskap og bidratt med data.

En hjertelig takk til min biveileder Heidi Neilson ved Oslo Havn KF for de gode innspillene hennes og engasjementet rundt oppgaven, som har vært av avgjørende betydning for min motivasjon i arbeidet med oppgaven. Jeg vil også takke resten av Oslo Havn KF for samarbeidet, og for muligheten til å jobbe med en spennende problemstilling.

Til slutt vil jeg takke Håkon og Morten for tiden de har satt av til korrekturlesing, generelle innspill og oppmuntrende ord.

Ås 15.05.2017

Sammendrag

Oppgaven gjør rede for klima- og luftutslippseffekter ved sjø- og veitransport for asfaltproduksjon- og utlegging i Oslo kommune. Innenfor transportsystemene har jeg laget ulike scenarier for levering av pukk til asfaltproduksjon, og videre transport av ferdig asfalt til utleggingsområder i Oslo. Hovedhensikten med studiet har vært å sammenligne transportløsningene med tanke på lokale og globale effekter.

Gjennom oppgaven ønsker jeg å gi svar på hva de miljø- og helsemessige effektene av transport knyttet til asfaltproduksjon- og utlegging i Oslo er, og hvilken betydning en bynær havn har for disse effektene. På lokalt nivå er effektene begrenset til utslipp av NO_x og partikler, og på globalt nivå begrenset til CO₂ og CO₂-ekvivalenter.

For å undersøke utslipp til luft fra sjøtransport har livsløpsanalyseverktøyet SimaPro 8, data fra DNV GL og beregninger fra NILU/PortsEye blitt benyttet. For utslipp fra veitransport er kun data fra Simapro 8 lagt til grunn. Videre har jeg koblet utslippsdataene fra SimaPro og de øvrige verktøyene opp mot et Nasjonalt beregningsverktøy for luftkvalitet, for å undersøke de reelle konsekvensene med hensyn på helserisiko og lokal luftkvalitet i Oslo. Til beregning av transportdistanser for levering av ferdig produsert asfalt på vei har jeg tatt utgangspunkt i spesifikke asfaltutleggingsområder fra 2016 i Oslo.

Et annet formål med oppgaven har vært å avdekke bruken av miljøkriterier i statlige og kommunale anbudsdokumenter. Resultatene fra utvalget av anbudsdokumenter i denne studien viser at ingen av de statlige anbudene knyttet til asfaltprosjekter har benyttet miljøkrav som tildelingskriterium. Til sammenligning, viser funnene at de kommunale anbudsdokumentet i større grad enn de statlige bruker miljøkrav i sine tildelingskriterier.

Studien viser at det er nødvendig og hensiktsmessig med en avveining mellom miljø i form av klima- og luftutslipp på den ene siden og helseeffekter på den andre. I sammenligningen mellom sjø- og veitransport kan det trekkes ulike konklusjoner avhengig av hva man ønsker å oppnå. Dersom målet er å unngå ytterligere negativ helserisiko, viser mine funn at det beste transportalternativet er skipstransport til frakt av pukk, med produksjon av asfalt i havna, og videre levering av asfalt på vei. Er målet derimot reduksjon av klimagassutslipp, viser funnene at transport på vei for asfaltproduksjon og utlegging er det beste transportalternativet.

Abstract

This master thesis looks at the transport emissions related to asphalt production and delivery in Oslo municipality. For each transport mode, I have constructed scenarios for quarries and asphalt plants. The main purpose of the study has been to compare two modes of transport with respect to local and global effects.

Throughout the paper I wish to describe the environmental and health related effects from transport for asphalt production and delivery. On a local scale, I have limited the effects to effects from emissions of NO_x and PM, and on a global scale to CO₂ and CO₂-equivalents.

In order to investigate emissions to air from sea and road transport, I have used the lifecycle tool SimaPro 8, DNV GL and calculations from NILU/PortsEye. In addition, I have linked the SimaPro 8 emissions data to a National air quality tool to investigate the real consequences with respect to health and local air quality in Oslo municipality. To calculate driving distances associated with the delivery of asphalt, I have made the calculations based on specific asphalt laying areas from 2016 in Oslo.

One of the purposes of this thesis has been to reveal the use of environmental criterions in tendering processes. The results from the selection of tender documents in this study revealed that environmental requirements in government tenders related to asphalt are not included. In comparison between government and municipal tenders, the study demonstrates that the municipal tenders related to asphalt for a greater extent use environmental requirements as an award criterion. In my study, I have not found any environmental requirements that are set as an award criteria in the governmental tender documents.

This study found that the global effects such as climate change and local effects in such as air pollution are higher with sea transport compared to the heavy-duty road transport. However, the health risks are higher with road transport in the examined air pollution zones compared to sea transport. The health risks include respiratory and cardiovascular disease.

Furthermore, the study also indicates that there is a trade-off between health effects on the side, and total emissions to air on the other. In the comparison between sea and road transport different conclusions can be made, depending on what one wants to achieve. If the goal is to

avoid additional negative health risks, my findings suggest sea transport for transporting quarry, with asphalt production at the Port of Oslo, and further delivery of asphalt with road transport as the best alternative. On the other hand, if the goal is to reduce greenhouse gas emissions, my findings suggest road transport for both asphalt production and delivery as the best option.

Innholdsfortegnelse

FORORD	I
SAMMENDRAG	II
ABSTRACT	III
FIGURLISTE	VII
TABELLISTE	VIII
FORKORTELSER	IX
1. INNLEDNING	1
1.1. BAKGRUNN FOR STUDIET	2
1.2. STUDIENS FORMÅL	4
2. PROBLEMSTILLING OG AVGRENSNING AV STUDIET	5
2.1. OPPGAVENS PROBLEMSTILLING	5
2.2. AVGRENSNING AV STUDIET	6
3. KUNNSKAPSSTATUS	7
3.1. GLOBAL OG INTERNASJONAL SKIPSFART OG KJØRETØYER PÅ VEI	7
3.2. LOKALE EFFEKTER	9
3.2.1. Nitrogenoksider.....	9
3.2.2. Partikler (PM)	10
3.2.3. Lokal luftkvalitet og grenseverdier	11
3.2.4. Lokal luftkvalitet og helseeffekter	13
3.3. GLOBALE EFFEKTER	14
4. DATAGRUNNLAG	16
4.1. MASSEHÅNTERING I OSLO KOMMUNE.....	16
4.2. CASEBESKRIVELSE	16
4.3. PUKKVERK OG PRODUKSJONSANLEGG FOR ASFALT	18
4.3.1. Oversiktskart over pukkverk og produksjonsanlegg i Oslo-området (veitransport) ...	18
4.3.2. Kombinert sjø- og veisystem	19
4.4. OFFENTLIGE ANBUD	20
5. METODIKK OG DATAGRUNNLAG	22
5.1. LIVSSYKLUSANALYSE	22
5.1.1. Hensikt og omfang.....	22
5.1.2. Funksjonell enhet	23
5.1.3. Systemgrenser	23
5.1.4. Forutsetninger og datakvalitet	25
5.2. DOKUMENTANALYSE AV OFFENTLIGE ANBUD.....	28
5.3. METODE: NASJONALT BEREGNINGSVERKTØY	28
5.4. DATA FRA NILU/PORTSEYE	31
5.5. PRODUKSJON AV MARIN DIESELOLJE (MDO)	32
5.6. OPPSUMMERING AV METODE	33
6. RESULTATER	34
6.1. GLOBALE UTSLIPP FRA DRIVSTOFFPRODUKSJON OG FORBRENNING.....	34
6.2. SIMAPRO-RESULTATER: LOKALE OG REGIONALE EFFEKTER.....	35
6.2.1. Sammenligning av partikkelutslipp	35
6.2.2. Sammenligning av NO _x -utslipp.....	37
6.2.3. Direkte utslipp fra slitasje	38
6.3. UTSLIPPSKURVE FOR NO _x -UTSLIPP.....	39
6.4. UTSLIPPSKURVE FOR CO ₂	40
6.5. RESULTATER FRA BRUK AV DATA FRA DNV GL OG SIMAPRO 8	41
6.5.1. Utslipp av NO _x	41

6.5.2.	<i>Utslipp av CO₂</i>	42
6.6.	SAMMENLIGNING AV METODER FOR SJØTRANSPORT (LANDLIGGE)	43
6.7.	SAMMENHENG MELLOM DIREKTE UTSLIPP OG LUFTFORURENSNINGSSONER	44
6.7.1.	<i>Kjørte kilometer i luftsonerområdene</i>	44
6.7.2.	<i>NO_x-utslipp i luftsonerområdene</i>	45
6.7.3.	<i>PM > 10-generering i luftsonerområdene</i>	47
6.8.	ANALYSE AV STATLIGE OG KOMMUNALE ANBUD	48
7.	DISKUSJON	50
7.1.	USIKKERHETER I METODIKK OG DATAGRUNNLAG	50
7.2.	DISKUSJON AV RESULTATER OG VALG AV METODE	52
8.	KONKLUSJON	56
8.1.	HOVEDKONKLUSJONER	56
8.2.	FORSLAG TIL VIDERE FORSKNING	57
9.	LITTERATURLISTE	58
	VEDLEGG 1 TABELLOVERSIKT OVER ASFALTERINGER I OSLO I 2016	62
	VEDLEGG 2 TABELLOVERSIKT FOR AVSTANDSBEREGNINGER	64
	VEDLEGG 3 TABELLOVERSIKT OVER KJØRING I LUFTFORURENSNINGSSONER ...	65
	VEDLEGG 4 OVERSIKTSKART OVER MÅLESTASJONER I OSLO	65
	VEDLEGG 5 KJØRINGSPUNKT FRA SYDHAVNA	66

Figurliste

Figur 1: Fordeling av NO _x -utslipp (tonn) i Oslo i 2015	10
Figur 2: Penetrasjonsrate for diesel-partikler av ulik størrelse.....	11
Figur 3: Årsmiddel av PM ₁₀ i perioden 2003-2015.....	13
Figur 4: Oversiktskart over noen aktører i asfaltmarkedet i Oslo-området	19
Figur 5: Systemgrenser for livsløpsanalyser.....	24
Figur 6: Røde soner i et utsnitt av Oslo	30
Figur 7: Gule soner i Oslo	30
Figur 8: Markering av asfaltfabrikker i Oslo Havn.....	31
Figur 9: Utslipp målt i CO ₂ -ekvivalenter (tonn) fra Simapro 8	34
Figur 10: Utslipp av PM < 2.5 fra SimaPro 8.....	35
Figur 11: Utslipp av PM > 10 fra Simapro 8.....	36
Figur 12: Utslipp av PM > 2.5 og < 10 fra SimaPro 8.....	37
Figur 13: Utslipp av NO _x (tonn) fra Simapro 8	38
Figur 14: Partikkelutslipp fra direkte slitasje for (EURO IV lastebiler)	39
Figur 15: Utslippskurve for NO _x per funksjonelle enhet.....	40
Figur 16: Utslippskurve for CO ₂ ved forbrenning av drivstoff.....	41
Figur 17: NO _x -utslipp fordelt på produksjon og forbrenning av drivstoff	42
Figur 18: CO ₂ -utslipp fordelt på produksjon og forbrenning av drivstoff	43
Figur 19: NO _x -utslipp fra landligge ved bruk av ulike verktøy.	44
Figur 20: Kjørte kilometer i luftsonerområder per funksjonelle enhet.....	45
Figur 21: Utslipp av NO _x i luftsonerområdene fra EURO IV	46
Figur 22: Utslipp av NO _x i luftsonerområdene fra EURO VI	47
Figur 23: Utslipp av PM ₁₀ i luftsonerområdene	48
Figur 24: Fordeling mellom stat og kommune for ulike kategorier av miljøvekting.....	49
Figur 25: Utvikling over tid for kommunale anbud	49

Tabelliste

Tabell 1: GWP-verdier over tid.....	15
Tabell 2: Oversikt over lastekapasiteter og antall lastebiler som kreves	16
Tabell 3: Oversikt over lastekapasitet og antall skip som kreves	17
Tabell 4: Forklaringstabell til grafer i resultatdelen	17
Tabell 5: Rangering og forklaring av kategorier for vekting av miljø i dokumentanalysen	21
Tabell 6: Forklaringstabell for lokale og globale bidrag	27
Tabell 7: Kategorisering av partikkelutslipp	27

Forkortelser

AIS – Automatic tracking identification system (norsk: *automatisk identifikasjonssystem*)

CH₄ – Metan

GWP – Global Warming Potential (norsk: *globalt oppvarmingspotensial*)

HFO – Heavy fuel oil (norsk: *tungolje*)

IMO – International Maritime Organization (norsk: *Den internasjonale skipsfartsorganisasjon*)

LCA – Life Cycle Analysis (norsk: *livssyklusanalyse*)

MDO – Marine Diesel Oil (norsk: *marin dieselolje*)

NO – Nitrogenmonoksid

NO_x – Nitrogenoksid (NO₂ og NO)

NO₂ – Nitrogendioksid

PM – Particulate matter (norsk: *partikler*)

SECA – Sulphur Emission Control Area (norsk: *svovelkontrollområde*)

ÅDT – Årsdøgntrafikk

ÅDT_T – Årsdøgntrafikk, tungtrafikk

1. Innledning

Både nasjonalt og internasjonalt er transportsektoren den sektoren der økningen i klimagassutslipp er størst (Statens vegvesen 2008). Transportsektoren i Norge bidrar til utslipp av ca. 15 millioner tonn CO₂ hvert år. Dette gjør det stadig viktigere med utslippsreducerende tiltak i denne sektoren. Innen 2030 må utslippene fra veitrafikken minst halveres for at vi skal nå klimamålene Norge har satt seg (Jortveit 2017). På veien mot å bli et lavutslippssamfunn innen 2050, må Norge gjennomgå et grønt skifte. Dette krever en innføring av virkemidler som forener økonomi og klima (Regjeringen 2016b). Bruk av miljøkriterier i offentlige anskaffelser er et eksempel på et slikt virkemiddel, og er det virkemidlet jeg skal ta for meg i denne masteroppgaven.

I desember 2015 ratifiserte Norge den internasjonale klimaavtalen fra Paris (Regjeringen 2016a). Utslippskuttene som Norge har forpliktet seg til å innfri innen 2030, skal tas i samarbeid med EU, og må i stor grad tas i transportsektoren. Samtidig er det grunn til å tro at transportsektoren vil øke i den samme perioden. Dette må i stor grad ses i sammenheng med historisk utvikling, utvikling i befolkning og økonomi, og virkemiddelbruk (Regjeringen 2017c).

Verdens helseorganisasjon (WHO) regner luftforurensning som en av de viktigste årsakene til for tidlig død og uønskede helseeffekter i verden (Folkehelseinstituttet 2015). Urbane miljøer har ofte en høy konsentrasjon av luftforurensning på grunn av den sterke befolkningsveksten, og den tilhørende økte menneskelige aktiviteten (Mabahwi et al. 2014). Trafikk er en vesentlig kilde til luftforurensning i slike miljøer, og det er kjent at eksponering for disse forurensningene kan knyttes til negative helseeffekter (Madsen et al. 2007).

Fordelingen mellom alt innenriks transportarbeid i dag viser at 41 prosent utføres på sjø, seks prosent på jernbane, og resten på vei. I den overordnede og langsiktige transportpolitikken er det et klart mål å overføre mer gods fra vei over til sjø og bane. For all veitransport som fraktes lengre enn 300 km på vei ønsker EU å flytte transporten over til sjø og bane, og innen 2050 er målet 50 prosent overføring (Jære 2016).

Oslo kommune har satt ambisiøse klimamål for de kommende årene. Innen 2020 skal klimagassutslippene i byen reduseres med 50 prosent sammenlignet med 1990-nivå, og innen 2030 skal de tilsvarende reduseres med 95 prosent. Det er i transportsektoren de største utslippene må tas dersom målet skal nås. På sikt er målet å gjøre Oslo til en fossilfri by (Oslo kommune 2016). Når det gjelder luftutslipp har Byrådet i Oslo ambisjoner om å redusere utslippene av NO_x med 60 prosent innen 2022 (Høiskar et al. 2016).

Oslo kan forvente sterkt reduserte leveranser av pukk og grus fra lokale pukkverk i de kommende årene. Mangelen vil i kombinasjon med en økende befolkningsvekst og færre lokale pukkverk gi store miljøutfordringer med tanke på den nødvendige forsyningen (Løtvø 2012). I 2018 vil Oslo ha Bondkall som det eneste pukkverket i drift. Kvaliteten på steinen herfra er imidlertid ikke av god nok kvalitet til at den kan brukes på de høyt trafikkerte veiene i Oslo. Følgelig må pukk til asfaltproduksjon hentes fra høykvalitets-pukkverk utenfor Oslo. Dette vil føre til økt transportmengde og transportlengde, og dermed også vesentlig økte utslipp (NGU 2012).

Jeg har spesifikt sett på miljøkriteriene i offentlige anskaffelser for å undersøke hvordan de kan brukes til å redusere luftutslipp knyttet til transport av pukk til produksjon av asfalt (heretter kalt masse) og levering av ferdig asfalt.

1.1. Bakgrunn for studiet

Luftforurensning og klimagassutslipp er to nært knyttede miljøproblemer, som ofte blir behandlet som separate problemer i miljøpolitikken (Maione et al. 2016). Dette kan gi uheldige konsekvenser i miljøpolitikken, når tiltak rettet mot forbedring innenfor ett av områdene fører til negative konsekvenser for det andre. Eksempler på dette finner vi blant annet i transportsektoren, der reduksjon av CO₂ og NO_x-utslipp til en viss grad står i motsetning til hverandre. For å redusere CO₂-utslipp er det hensiktsmessig med høy temperatur og effektiv forbrenningsmotor. Dett gir i sin tur relativt høye utslipp av NO_x. Dette ser vi i dieselmotorer, som er mer energieffektive enn bensinmotorer; de har mindre CO₂-utslipp, men ofte høyere NO_x-utslipp (Fridstrøm & Alfsen 2014).

Det er derfor nødvendig og mer hensiktsmessig at disse to miljøproblemene håndteres i et mer helhetlig perspektiv ut ifra et politisk ståsted (Maione et al. 2016).

Det er forventet at Osloregionens befolkning vil vokse med 40 % innen 2040, og veksten i godstransporten forventes å bli det dobbelte av dette. Veksten vil være størst med lastebil, men den vil også være stor med tog- og båttransport (Osloregionen 2012). Over 90 % av alt gods som transporteres på vei er knyttet til korte transporter i forbindelse med bygge- og anleggsarbeider og lokale varetransporter (Marskar et al. 2015).

I takt med den økte økonomiske og befolkningsmessige veksten, vil man i de kommende årene se en sterk vekst i transportbehovet. Omtrent halvparten av den innenlandske godstransporten i Norge går på sjø, mens veitransporten tilsvarende om lag 40 prosent av innenlands-transporten. En betydelig andel av transporten som foregår på norske veier kan det være aktuelt å overføre til andre transportformer, herunder sjøtransport (Sekretariatet for Nasjonal transportplan 2018 - 2029 2015). Dette gjelder spesielt for lange transport på vei. En utredning av klima- og luftutslippskonsekvensene fra transport til asfaltproduksjon og utlegging i Oslo kommune er et aktuelt tema i denne sammenhengen, da stein til asfaltproduksjon i Oslo i de kommende årene må transporteres over lengre avstander. Dette følger blant annet av beslutningen om nedleggelse av driften på Hukens pukkverk, som er et pukkverk med stein av høy kvalitet, og som dermed egner seg godt til produksjon av slitesterk asfalt.

Ser man på hele asfalteringsprosjektet samlet, utgjør transport og utlegging en relativt liten andel av totalutslippene av CO₂, i området 15-20 % av de samlede CO₂-utslippene. Statens vegvesen oppgir at det ikke er foretatt vurderinger om båttransport er mer gunstig enn veitransport med hensyn på energiforbruk og klimagassutslipp ved transport av asfaltmasse (Bragstad et al. 2014).

Dagens arealstrategier er på mange måter bedre tilrettelagt for effektiv transport på vei enn på sjø, blant annet gjennom god tilgang på gunstige tomter nær hovedveinettet. For havne- og jernbaneterminaler er situasjonen imidlertid mer utfordrende, særlig bynære havne- og jernbaneterminaler møter mye motstand som følge av arealkonflikter og andre begrensninger (Marskar et al. 2015). Samtidig er det et overordnet politisk mål å overføre mer gods fra vei

til sjø og bane, og regjeringen vil prioritere midler til effektive areal- og transportløsninger som reduserer utslipp (Regjeringen 2017b). Foreløpig er ikke disse prioriteringene avklart.

1.2. Studiens formål

Denne masteroppgaven har som hovedhensikt å undersøke klima- og luftutslippsforskjellene ved sjø- og veitransport i forbindelse asfaltproduksjon- og utlegging. Med resultatene fra studiet ønsker jeg å bidra til mer kunnskap som kan gjøre det lettere for oppdragsgivere å gjøre gode miljøvalg ved offentlige anskaffelser. Et av målene for oppgaven er å forbedre kunnskapen om utslipp ved massetransport i forbindelse med asfaltproduksjon og utlegging i Oslo kommune, i den hensikt å peke på mulige tiltak som kan forbedre klima- og luftutslippsutfordringer i Oslo. Den andre delen av oppgaven har som formål å belyse helse- og risiko knyttet til utslipp fra transport som følge av slike anskaffelser i Oslo.

2. Problemstilling og avgrensning av studiet

2.1. Oppgavens problemstilling

Denne masteroppgaven tar utgangspunkt i en relativt åpen hovedproblemstilling, med den hensikt å kunne gi et mest mulig nyansert bilde av klima- og luftutslippsproblematikken knyttet til transport av pukk til asfaltproduksjon og ferdig asfalt i Oslo-regionen. Ut fra dette er det følgende hovedproblemstilling formulert:

Hva er de miljø- og helsemessige effektene av transport knyttet til asfaltproduksjon og utlegging i Oslo kommune, og i hvilken grad kan en bynær havn innvirke på disse effektene?

Denne hovedproblemstillingen vil bli besvart gjennom tre delspørsmål. Det første delspørsmålet er formulert på følgende måte:

Hvor store er effektene lokalt og globalt ved sammenligning av massetransport ved vei- og sjøtransport? Hvilken betydning bør dette ha for fastsettelsen av miljøkriterier i offentlige anskaffelser knyttet til asfalt?

Med lokale effekter mener jeg i denne sammenheng utslipp av lokalt luftforurensende gasser som NO_x, og PM. Globale effekter betegnes videre som utslipp av CO₂ og CO₂-ekvivalenter. Dette spørsmålet besvares med utgangspunkt i resultater fra LCA-verktøyet SimaPro. Her beregnes utslipp til luft basert på data om transportarbeidet som utføres fra steinuttakssted til produksjonsanlegg, og videre til utleggingslokasjoner ved bruk av vei- og sjøtransport. I en fullstendig LCA ville det vært relevant å inkludere også utslipp knyttet til produksjon og vedlikehold av lastebilene og skipene, samt infrastrukturen disse bruker. I denne studien blir dette utelatt, da databasene i SimaPro 8 ikke er relevante nok for norsk infrastruktur.

Det neste spørsmålet dreier seg om de reelle konsekvensene luftutslippene vil ha på lokal luftkvalitet i Oslo kommune:

Hva er potensiell risiko/effekt av utslippene fra vei- og sjøtransport for Oslos befolkning sett i lys av luftforurensningssituasjonen i Oslo-området?

Delspørsmål to vil bli besvart ved bruk av Nasjonalt beregningsverktøy for luftkvalitet, gjennom undersøkelser av kjøring gjennom gule og røde soner i Oslo-regionen.

Den tredje og siste delproblemstilling omhandler statlige og kommunale anbud knyttet til veiprojekter:

I hvor stor grad er det fastsatt og blitt benyttet konkrete krav med miljøkriterier i offentlige anbudsdokumenter ved anskaffelser av asfaltutlegging i Oslo-området fra statlige og kommunale virksomheter?

2.2. Avgrensning av studiet

For å avgrense oppgaven har transport knyttet til produksjon og utlegging av asfalt i Oslo kommune blitt valgt som tema. Fokuset er satt til klima- og luftutslippseffekter ved ulike kjørelengder og ruter for transport knyttet til produksjon (transport av pukk) og levering av asfalt for utlegging. Dette studiet tar ikke for seg utslipp knyttet til produksjon av asfalt, for en grundigere beskrivelse av systemgrensene i case-studiet se Figur 5.

For lokal luftforurensning er oppgaven begrenset til utslipp av NO_x og PM. For globale effekter er det kun tatt hensyn til utslipp av CO₂ og CO₂-ekvivalenter.

3. Kunnskapsstatus

3.1. Global og internasjonal skipsfart og kjøretøyer på vei

I etterkant av Paris-avtalen om reduksjon i klimagassutslipp globalt, har Regjeringen lagt frem fem prioriteringspunkter i klimapolitikken for å redusere norske utslipp. Her inngår skipsfart og transport som to viktige innsatsområder. Hovedsatsningen for et grønt skifte innen skipsfart er først og fremst ny teknologi og miljøvennlige løsninger (Regjeringen 2016c). Realiteten i dag er nemlig at innfasing av ny teknologi i sjøtransporten går sent sammenlignet med veitransport. Dette skyldes først og fremst høy levetid for skipene og dyre investeringer, som gjør store miljøforbedrende teknologitiltak for eksisterende skip er krevende (Marskar et al. 2015).

I 2016 ble det bestemt av FNs skipsfartsorganisasjon, IMO, at alle skip må rapportere om sine utslipp av klimagasser. (Bestemmelsen skjedde som et resultat av norsk initiativ). Tiltaket bidrar til bedre innsyn i skipsfartens utslipp, og innsynet er en nødvendig forutsetning for å gi rederiene krav om kutt i drivstoffbruken (Regjeringen 2017a).

Til tross for at luftforurensning og klimagassutslipp i stor grad hører sammen, blir de behandlet separat i mange områder innenfor politikk og vitenskap. Det er flere faktorer som knytter luftforurensning og klimaforandringer sammen, blant annet utslipp, atmosfæriske egenskaper, prosesser og kjemi og til slutt tiltak for reduksjon av miljøproblemene (Von Schneidmesser et al. 2015).

Det er kjent at mange kilder til forurensning slipper ut både klimagasser og luftutslipp (Von Schneidmesser et al. 2015). Fra lastebilene på veiene og skipene på sjøen finner vi utslipp av både klimagassene CO₂ og CH₄, samt luftforurensningskomponentene NO_x, PM.

Utslippskomponentenes atmosfæriske egenskaper varierer, og er av stor betydning for hvordan de oppfører seg når de først er blitt sluppet ut. Egenskapene bestemmer om de har direkte eller indirekte påvirkning på radioaktiv stråling, hvor lenge de blir værende i atmosfæren, de kjemiske prosessen de inngår i og ikke minst deres påvirkning på menneskers helse (Von Schneidmesser et al. 2015).

Andre tiltak som kan redusere utslipp fra sjøtransport er energieffektivisering og operasjonelle forbedringer. Når det gjelder energieffektiverende tiltak, er tiltak som fører til redusert drivstofforbruk særlig gunstige (Dale 2016).

Lastebilnæringen vil i lang tid fremover være en viktig leverandør av transportarbeid. En utfordring denne næringen står overfor er imidlertid at den er fragmentert og bestående av mange små foretak, som har begrensede ressurser for utvikling og står samtidig overfor økende konkurranse og prispress (Askildsen & Marskar 2015).

CO₂-utslippene fra tunge kjøretøy øker stadig, i motsetning til utslippene av de lokale utslippene av forurensende stoffer, som er på vei ned. Økningen i CO₂-utslippene skyldes i stor grad økningen i transportvolumet fra lastebiler. Nedgangen i luftutslipp er i stor grad knyttet til innfasingen av Euroklassene, som setter strenge utslippskrav til lokale luftutslipp (THEMA Consulting Group 2015). EURO-kravene angir hvor store utslipp nye personbiler og nye motorer til tunge kjøretøyer maksimalt kan ha for å godkjennes for salg i EUs medlemsland. Norge følger EUs direktiv for kjøretøy (Amundsen & Hagman 2014). Euroklasse-kravene for både tunge og lette kjøretøyer stiller derimot ikke krav til utslipp av CO₂ (Norges Lastebileier-Forbund 2016).

Oslo havn hadde i 2016 et totalt CO₂-utslipp på 25 000 tonn. Dette inkluderer utslipp fra skip ved landligge, all havnedrift og landtransport inn og ut av havna. Innen 2030 skal disse utslippene halveres. Utslippskuttene skal i stor grad gjennomføres ved bruk av lavutslippsløsninger for skip som ligger til kai. Kuttene forutsetter imidlertid investeringer fra havnens kunder og havnen selv i infrastruktur, og at installasjonene (f.eks. landstrøm) blir brukt (Neilson & Lindholt 2017).

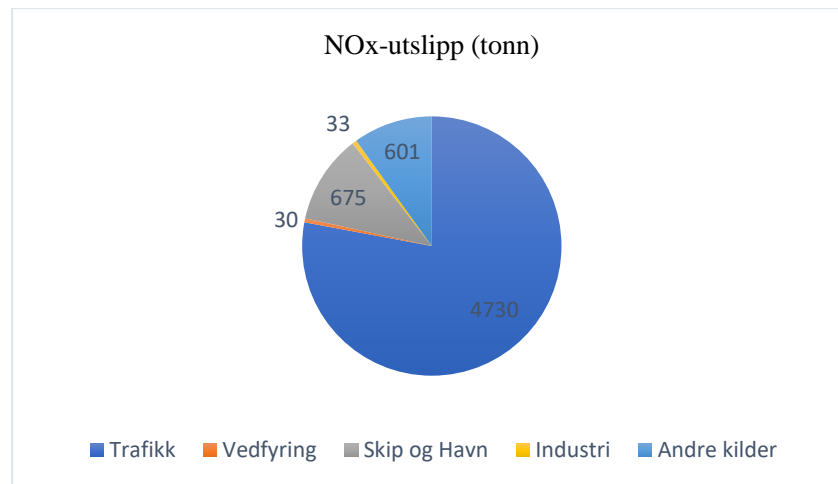
3.2. Lokale effekter

3.2.1. Nitrogenoksider

De viktigste luftforurensningskomponentene er partikler (PM), ozon (O_3), nitrogenoksider (NO_x), svoveloksider (SO_x) og karbonmonoksid (CO) (Li et al. 2017). I norske byer er nitrogenoksider et av de viktigste komponentene som bidrar til lokal luftforurensning (Solbakken 2017). Nitrogenoksider er reaktive gasser som dannes ved forbrenning, med eksos fra dieselmotorer som den største utslippskilden (Solbakken 2017).

Det er kjent at meteorologiske forhold har stor betydning for svevestøvkonsentrasjonene i luften. Snø, is eller vann på veiene binder støv godt og bidrar til lavere konsentrasjoner i luften. Sterk vind fører også normalt sett til lave konsentrasjoner, men kan også føre til oppvirvling av støvoppsamling langs veiene dersom det er tørt. Ved stille, kaldt vær med temperaturinversjon og tørre veier får man normalt høye konsentrasjoner dersom bidraget til svevestøv fra trafikk eller vedfyring er tilstede. Når man ønsker å undersøke effekter fra luftforurensning er det svært viktig å se denne i sammenheng med meteorologiske data (Hagen et al. 2005). Der luftforurensningseffekter behandles i denne oppgaven (ved gule og røde luftforurensningssoner) er det viktig å være klar over at luftsonekartene er basert på modellberegninger, og at konsentrasjonene av NO_2 og nivåene av PM_{10} varierer fra år til år (Tønnesen 2015). I tillegg kan det oppstå værphenomen som inversjon, som over tid gjør luftkvaliteten verre (Solbakken 2017).

Som Figur 1 viser er trafikk den desidert største kilden til NO_x -utslipp i Oslo, med omtrent 78 % av totalutslippene i Oslo. Skip og havn står for 675 tonn av NO_x -utslippet, og utgjør med det 11 % av totalutslippene.



Figur 1: Fordeling av NOx-utslipp (tonn) i Oslo i 2015 (luftkvalitet-nbv.no).

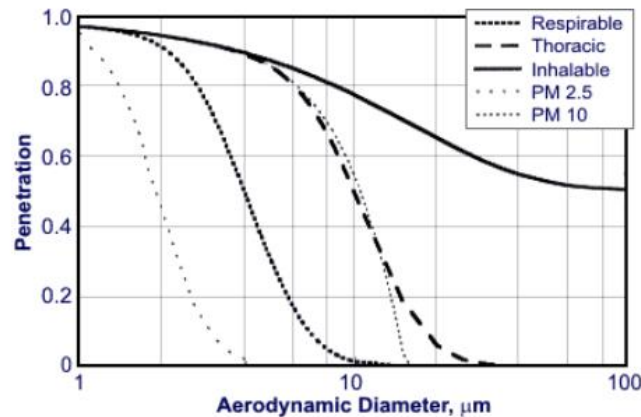
3.2.2. Partikler (PM)

Partikler (PM) referer til aerosoler i partikkelfasen (Von Schneidmesser et al. 2015). Partikler kan defineres og klassifiseres på flere ulike måter. Informasjon om partiklenes aerodynamiske diameter kan brukes til å undersøke deres evne til å penetrere i luftveiene våre, samt transportevnen i atmosfæren (Kim et al. 2015). Aerodynamisk diameter er den teoretiske diameteren til en kuleformet partikkel med tetthet 1, og brukes for beskrive partiklenes egenskaper (Ormstad & Løvik 2002).

Det er veitrafikk som står for den største andelen av PM₁₀-utslippene i Oslo. Tett etter følger innenlands vedfyring som den nest største bidragsyteren (López-Aparicio & Thanh 2016). Samtidig er piggdekkbruk med på å slite veidekket og bidra til utslipp av svevestøv. Målinger fra tilbake til 1992 i Kirkeveien i Oslo viser en relativt klar sammenheng mellom svevestøvnivået og andel biler med piggdekk (Hagen et al. 2005). Partikler gir først og fremst lokale eller regionale effekter, grunnet deres levetid i atmosfæren, som varierer fra et par dager til flere uker (Von Schneidmesser et al. 2015).

Figur 2 illustrerer sammenhengen mellom penetrasjonsraten i prosent til ulike deler av lungene og partikler målt i aerodynamisk diameter μm . Figuren viser at vi har 50 prosent penetrasjonsrate (markert som 0,5 på y-aksen) når partikkelstørrelsen er 10 μm . PM₁₀-kurven er markert med tett stiplede linjer, og som vi ser av figuren er denne kurven omtrent identisk

med kurven for den torakale fraksjon. Dette betyr at 50 prosent av diesel-partiklene passerer forbi strupehodet (Majewski & Burtscher 2013).



Figur 2: Penetrasjonsrate for diesel-partikler av ulik størrelse (Majewski & Burtscher 2013).

3.2.3. Lokal luftkvalitet og grenseverdier

CAFE-direktivet (2008/50/EC) setter de juridiske grenseverdiene, målene for datakvalitet, og definerer hva som er referansemåleprinsipp. Forurensningsforskriften er den norske implementeringen av de samme kravene (Tørnkvist, K. K. 2017). Kravene i forurensningsforskriften ble innfridd i alle de norske byene, unntatt Oslo i 2014 og 2015. Her ble kravet for årsmiddelnivået av NO₂ overskredet (Regjeringen 2017c).

EUs direktiver stiller krav til blant annet juridiske grenseverdier og setter datakvalitetsmål. For at luftkvalitetsmålinger fra Oslo skal være sammenlignbare med andre europeiske byer er det viktig at alle operatørene utfører en gitt målingsoppgave på samme måte.

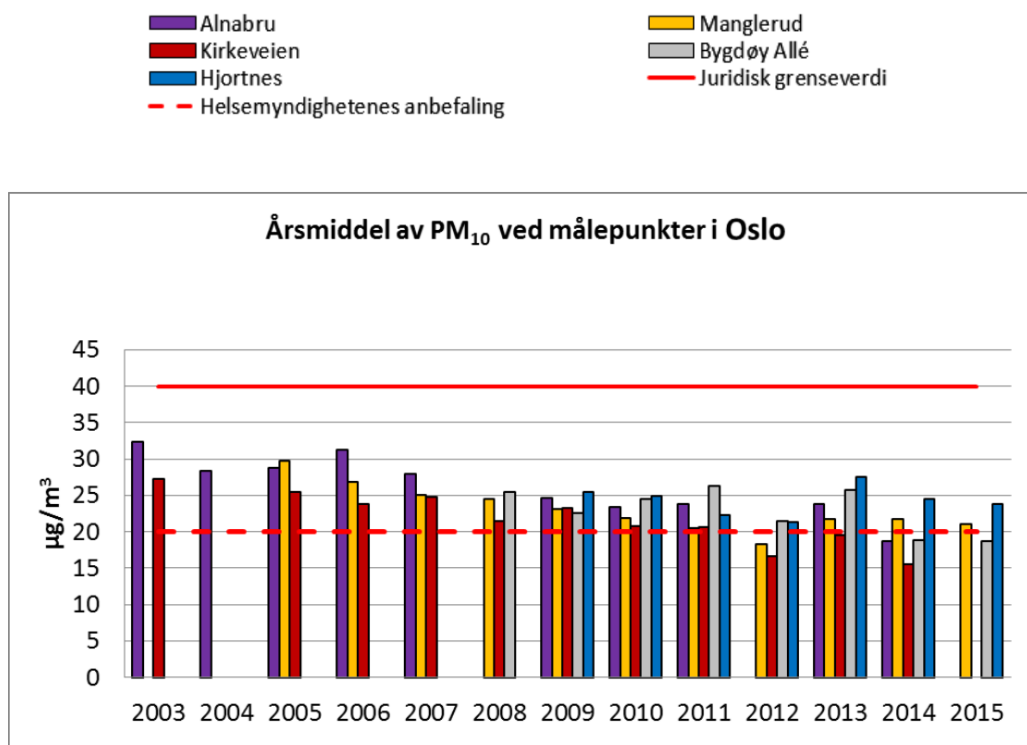
Det er i alt 12 målestasjoner i Oslo, som til enhver tid måler luftforurensningsnivået. Målestasjonene drives av Bymiljøetaten og Statens vegvesen Region Øst (Høiskar et al. 2016). Når det gjelder målestasjonen på Hjortnes i Oslo er det viktig å være klar over at dette er en stasjonær målestasjon som er plassert i nærheten av E18, hvor biltrafikken er stor, se vedlegg 4. Det er dermed uvisst hvor stor eksponeringen for Oslo-beboerne faktisk er.

Hvor i byene målestasjonene skal plasseres er godt beskrevet i EUs direktiver, men plassering

diskuteres likevel enkelte steder. Et eksempel på dette er utfordringer i forbindelse med arealplanlegging, hvor man i planleggingen ønsker å ta hensyn til luftkvaliteten der folk bor. Planleggerne ønsker seg flere målestasjoner slik at dette hensynet kan ivaretas på best mulig måte. Samtidig er det et faktum at målestasjoner generer store kostnader både i form av drift og vedlikehold (herunder kontroll av målingsdata og tilsyn) samt investering i selve målestasjonen. Det kan også legges til at Oslo har flere målestasjoner enn det kravene tilsier. Som det fremgår av Luftkvalitetsdirektivet skal luftforurensning måles for et helsebeskyttende formål. Nettopp derfor skal en del av målestasjonene stå langs de mest trafikkerte veiene, der det antas at de høyeste nivåene av luftforurensning vil finne sted i løpet av et gitt tidsrom. Plassering av målestasjoner må derfor ses i sammenheng med der man finner grenseoverskridelser.

Det er hovedsakelig to typer målestasjoner i byene: gatestasjoner og bakgrunnsstasjoner. Gatestasjonene måler på områder der hovedkilden til forurensning er trafikk. Stasjonene plasseres dermed ofte langs de mest trafikkerte veiene. Bakgrunnsstasjonene har til hensikt å måle den gjennomsnittlige luftforurensningen fra hovedsakelig vedfyring, trafikk og eventuell industri (Tørnkvist, K. 2017).

Oslo hadde i perioden 2003-2006 utfordringer med for høye årsmiddelnivåer av PM_{10} . Dette utløste et sterkt behov for tiltak som kunne bidra med reduksjon av disse utslippene. Gjennom innføring av miljøfartgrense, bruk av støvdemping og piggdekkforbud har Oslo klart å komme godt under de juridiske grenseverdiene for PM_{10} i perioden 2007-2015, med unntak av noen få overskridelser, se Figur 3. Figuren viser riktignok overskridelser av helsemyndighetenes anbefaling for alle år i perioden 2003-2015. Fra 2016 gjelder nye grenseverdier (Lützenkirchen 2017).



Figur 3: Årsmiddel av PM₁₀ i perioden 2003-2015(luftkvalitet.info).

3.2.4. Lokal luftkvalitet og helseeffekter

Det er fortsatt mye vi ikke vet om den fulle helseeffekten som luftforurensningskomponenter kan ha på mennesker (Adam et al. 2015). I "The European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE)" er det gjennomført fem kohort-studier for å undersøke korrelasjonen mellom langtidseksposering for utendørs luftforurensning og lungefunksjon hos voksne. Studien, som er basert på en analyse av kohort-studier bidrar til å undersøtte sammenhengen mellom utendørs luftforurensning og negative påvirkninger på lungefunksjonen hos voksne mennesker i Europa, selv ved lave konsentrasjoner (Adam et al. 2015). En kohort-studie er en form for undersøkelse der man følger en gruppe mennesker over tid for å undersøke hvem som utvikler sykdom (Stoltenberg 2015).

Tradisjonelt deles miljøfarer fra luftutslipp inn i utslipp med lokale, regionale og globale påvirkninger. I regional sammenheng er de mest relevante miljøfarene NO_x og SO₂. På lokalt

nivå er de mest alvorlige utslippene NO_x, SO₂, hydrokarboner, flyktige organiske forbindelser og partikler (Hjelle 2014). I dette studiet behandles imidlertid kun påvirkninger på lokalt nivå, i form av NO_x og partikkelutslipp. Det kan argumenteres for at det er relevant å inkludere SO₂-utslipp når man analyserer utslipp fra sjøtransport. Samtidig har sjøtransporten kommet et langt stykke på vei i å redusere sine SO_x-utslipp med innføringen av svoveldirektivet, som setter strenge krav til svovelutslipp. CO₂ regnes ikke som en atmosfærisk forurensning fordi den ikke påvirker menneskers helse (Maione et al. 2016)

Eksperimentelle undersøkelser på dyr og mennesker har vist at innåndet svevestøv når ulike deler av luftveiene og lungene avhengig av partiklenes egenskaper. Med egenskaper menes det her størrelse, form og overflateegenskaper. Samtidig spiller faktorer hos mennesket inn. Det er eksempelvis avgjørende om det pustes inn gjennom munn eller nese, om det skjer under anstrengelse eller ikke, og om ulike sykdommer hos mennesket er med på å endre luftstrømmene eller ikke (Låg 2004). For PM_{2.5} har man ikke klart å finne en terskelverdi, det vil si en verdi der alle verdier under terskelen ikke er forbundet med negative helseeffekter (Maione et al. 2016).

3.3. Globale effekter

I IPCCs beregninger av globalt oppvarmingspotensial (Global Warming Potential på engelsk, forkortet med GWP) bruker de 10, 20 og 100 år som tidsperspektiv. Lystgass (N₂O) har en halveringstid på 121 år. Når man legger et tidsperspektiv på 100 år til grunn for beregning av globalt oppvarmingspotensial kommer ikke effekten av "kortlevde" gasser like godt frem, slik vi ser med metan. Metan har en halveringstid på 12 år. På lang sikt (100 år) er dermed effekten på global oppvarming fra metan relativt liten sammenlignet med lystgass, slik det fremgår av Tabell 1. Legger man 20 år til grunn for beregningen av globalt oppvarmingspotensial, ser vi at metan har et globalt oppvarmingspotensial på 84 (2013-beregninger). I et 100 års-perspektiv blir denne effekten redusert til 28.

Tabell 1: GWP-verdier over tid (uten tilbakekoblings-effekter)

Rapport	Karbondioksid		Metan		Lystgass	
	Tidsperspektiv		Tidsperspektiv		Tidsperspektiv	
	20 år	100 år	20 år	100 år	20 år	100 år
IPCC 2001 - TAR	1	1	62	23	275	296
IPCC 2007 – AR4	1	1	72	23/25*	289	298
IPCC 2013 - AR5	1	1	84	28	264	265

*skiller mellom biogent metan og metan fra fossile kilder (Fuglestvedt 2016).

Disse poengene er med på å illustrere at tidsperspektivet som undersøkes vil kunne gi ulike resultater for effektene i form av global oppvarming. Det er viktig å være klar over at tidsperspektivet vil være avgjørende for om påvirkningen på temperatur vil være positiv eller negativ. Svoveldioksid-utslipp og de resulterende sulfat-aerosolene og ozon-dannelse som følge av NO_x-utslipp, har en kjølede effekt på temperatur. Dette fører til at sjøtransporten i et kort tidsperspektiv på fem år, og mellomlangt på 20 år, vil ha kjølede effekt på temperatur. I et lengre perspektiv på 50 år, vil langtidseffektene fra CO₂ motvirke den kjølede effekten av svoveldioksid og andre klimakjølede gasser effekt (med lavere levetid i atmosfæren), slik at man opplever en temperaturøkning (Hjelle 2014).

For egne beregninger av CO₂-ekvivalenter i denne oppgaven har jeg benyttet IPCC 2013 – AR5-verdiene i et 100 års-perspektiv.

4. Datagrunnlag

4.1. Massehåndtering i Oslo kommune

Osloregionen er et viktig nasjonalt knutepunkt for godstransport, og de store terminale er plassert på Sydhavna og på Alnabru (PF Samferdsel/NVTF Østlandet 2017). Det som bestemmer transportmåten er hvor fort man trenger varene. Transport over korte avstander er det som utgjør de store volumene, og denne transporten skjer på vei med lastebil (PF Samferdsel/NVTF Østlandet 2017).

4.2. Casebeskrivelse

Oslo er en tett befolket by med stor trafikk på veinettet, som i sin tur setter strenge kvalitetskrav til pukk og grus som kan brukes til veidekker (Løvø 2012). Asfaltentreprenørene opplyser at det ofte er vanskelig å få tilgang på nok biler til levering av asfalt, og at det følgelig gjør det vanskelig å velge bort eldre biler med dårligere utslippsteknologi, såfremt de ellers tilfredsstillende kravet om isolert asfaltbaljer (Bragstad et al. 2014).

Tabell 2 viser antall lastebiler som kreves for å oppfylle mengden pukk og asfalt som er nødvendig for henholdsvis referansestrøm og funksjonell enhet. Tabell 3 viser lastekapasitet for det aktuelle skipet og antall skip som kreves for å oppfylle en referansestrøm på 95 000 tonn pukk.

Tabell 2: Oversikt over lastekapasiteter og antall lastebiler som kreves for å transportere pukk og ferdig asfalt.

	Kapasitet per lastebil (tonn)	Antall lastebiler
Frakt av 95.000 tonn stein	30	≈ 3167
Frakt av 100.000 tonn asfalt	30	≈ lik 3334

Tabell 3: Oversikt over lastekapasitet og antall skip som kreves for å transportere pukk til asfaltproduksjon i Oslo havn

	Kapasitet per skip (tonn)	Antall skip
Frakt av 95.000 tonn stein	5000	≈ 19

Resultatene i kapittel 6 presenteres i form av diagrammer som viser utslipp fra hvert scenario. Tabell 4 forklarer hva som ligger bak hver betegnelse brukt i grafene. Resultatene som presenteres er delt inn etter global og lokal påvirkning, der global påvirkning viser til utslipp målt i CO₂-ekvivalenter, mens lokal påvirkning inkluderer utslipp av NO_x og partikler av ulike størrelser.

Tabell 4: Forklaringstabell til grafer i resultatdelen

Betegnelse brukt i grafer	Forklaring	Distanse
Kombitransport (Tau)	Stein fraktes fra Tau i Rogaland til Oslo havn med båt. Ferdig asfalt leveres med lastebil fra Oslo havn.	Seiling = 550 km Veitransport = 12 km
Kombitransport (Kragerø)	Stein fraktes fra Kragerø til Oslo havn med båt. Ferdig asfalt leveres med lastebil fra Oslo havn.	Seiling = 183 km Veitransport = 12 km
Kun vei (100 km)	Lastebiltransport av stein fra Bjønndalen pukkverk til NCC Lierskogen, og ferdig asfalt fra Lier til utleggingsområdene.	100 km
Kun vei (56 km)	Lastebiltransport av stein fra Lier pukkverk til NCC Lierskogen, og ferdig asfalt til utleggingsområdene.	56 km
Kun vei (26 km)	Lastebiltransport av stein fra Bjønndalen pukkverk til Feiring Losby, og ferdig asfalt til utleggingsområdene.	26 km

4.3. Pukkverk og produksjonsanlegg for asfalt

4.3.1. Oversiktskart over pussverk og produksjonsanlegg i Oslo-området (veitransport)

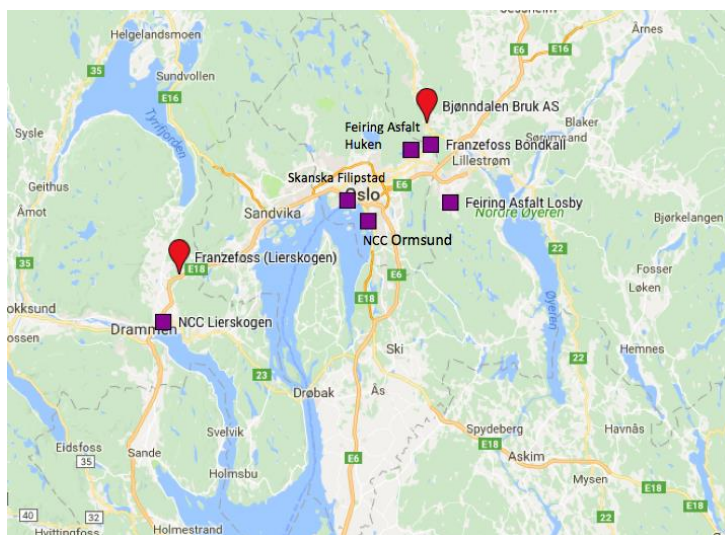
Figur 4 viser en kartoversikt over pussverk og asfaltfabrikker i Oslo-området. Firkanter viser asfaltfabrikker i Oslo-området, og to punkter viser pussverk med høykvalitetsstein som benyttes til produksjon av asfalt. I dette studiet har jeg ut fra de konstruerte scenariene for levering av puss fra de aktuelle pussverkene, og levering av ferdig asfalt fra asfaltfabrikkene vist på kartet, valgt ut tre strekninger. Strekningene er valgt for å representere en kort, moderat og lang veistrekning. Strekningene er beregnet ut fra et vektet snitt med funksjonell enhet som utgangspunkt.

Den korteste strekningen med bruk av veitransport for begge ledd (både levering av puss til asfaltfabrikk, og transport av ferdig asfalt til utleggingsområder) er totalt ca. 26 km på vei. Dette er ved levering av puss fra Bjøndalen pussverk til Losby asfaltfabrikk (ca. 14 km) og videre levering av asfalt fra Losby til de aktuelle utleggingsområdene (ca. 12 km ut fra et vektet snitt).

Den moderate transportstrekning er levering av puss fra Lierskogen pussverk til asfaltfabrikken i Lier (ca. 9 km) og videre levering til utleggingsområdene (ca. 47 km ut fra et vektet snitt), som summeres til totalt 56 km med transport på vei.

Den lengste transporten er ved 100 km kjøring på vei. Her hentes det puss fra Bjøndalen pussverk i Nittedal til Lierskogen asfaltfabrikk (56,5 km), og videre leveres ferdig asfalt 43,5 km på vei til utleggingsområdene, basert på et vektet snitt.

For transportdistansen fra asfaltfabrikk til utleggingsområder er det tatt utgangspunkt i en konkret kontrakt mellom Statens vegvesen og Skanska, se vedlegg 1. Med utgangspunkt i disse utleggingsområdene har jeg beregnet transportdistansene fra de aktuelle asfaltfabrikkene. Distansen er beregnet ut fra et vektet snitt, slik at mengdene for funksjonell enhet og referansestrøm er vektlagt.



Figur 4: Oversiktskart over noen aktører i asfaltmarkedet i Oslo-området

4.3.2. Kombinert sjø- og veisystem

Til de kombinerte sjø- og veisystemet er det forutsatt bruk av sjøtransport for frakt av stein til asfaltproduksjon i Oslo havn, og deretter fraktes ferdig asfalt (produsert i havna) til utleggingsstedet med lastebil. Det er tatt utgangspunkt i to produksjonssteder for asfalt i havna. Det ene er på Skanskas asfalt på Filipstad. Denne fabrikken vil med tiden flyttes, da store areal på Filipstad skal frigjøres til byutvikling (Plan- og bygningsetaten). Det er derfor inkludert et punkt på Sydhavna ved Sjursøya, som vil være en del av Oslo Havns fremtidige bulkterminal se markering av kart i vedlegg 5.

Skanska Filipstad får stein levert fra Tau i Rogaland på sjø, som tilsvarer 32,3 timer seiling én og 6,8 timer liggetid i havn. Stein til asfaltproduksjon på Ormsundkaia kommer fra ulike pukkverk langs kysten fra Halsvik i Sogn til Skien i Vestfold. Den største andelen av pukk som leveres til Ormsund kommer fra NCCs eget pukkverk i Kragerø (Røsland 2017). Det er seilingsavstanden fra dette pukkverket som er benyttet for å vise utslipp ved et tilfelle der sjøtransporten har kortere seiling enn 550 km. Dette scenariet tilsvarer 10,74 timer seiling én vei og 6,8 timer liggetid i havn. Det er riktignok viktig å være klar over at pukkverk fra Kragerø ikke er av god nok kvalitet til å benyttes til de mest trafikkerte i Oslo.

For å sammenligne utslipp med ren lastebiltransport for produksjon og utlegging av asfalt har jeg sett på hvor store utslippene hadde blitt dersom noen andre asfaltfabrikker i Oslo-området hadde vunnet kontrakten med Statens vegvesen som Skanska vant.

Når det gjelder det kombinerte sjø- og veitransportsystemet er det beregnet utslipp fra to seilingsdistanser, den ene 183 km seiling, og den andre 550 km for levering av pukk. For levering av asfalt (produsert i havnen) og videre til utleggingsområdene er det beregnet et vektet snitt på ca. 12 km. I denne analysen er det antatt at lastebilene som leverer ferdig asfalt fra havna til utleggingsområdene har EURO-klasse VI.

4.4. Offentlige anbud

I regjeringens budsjettforlik for 2016 ble det enighet om at miljø skal vektes med 30 prosent i offentlige anskaffelser, der det er relevant. I praksis finnes det imidlertid eksempler på at dette hensynet ikke blir ivaretatt i praksis, blant annet for Stortingets eget avfallssystem, der miljø ikke ble vektet i det hele tatt i anbudsdokumentet (Hovland 2017). Dette understreker viktigheten av riktig implementering og oppfølging av slike miljøtiltak.

Jeg har gjennomgått anbudsdokumentene og kategorisert dokumentene med utgangspunkt i hvilken grad miljøkrav benyttes som tildelingskriterium. Dersom miljøkrav benyttes som tildelingskriterium kan det stimulere til mer innovative og nye miljøvennlige løsninger. I tillegg kan miljøkrav som tildelingskriterium være nyttig der den som legger ut anbudet ønsker å premiere det mest miljøvennlige tilbudet, der tilbudene ellers er nokså like. Det kan også være tilfelle hvor det ikke er hensiktsmessig å stille absolutte miljøkrav av hensyn til manglende konkurranse (KS Bedrift 2016).

Det er imidlertid viktig å være klar over at det finnes andre måter å stille miljøkrav på, som kan bidra til like god eller bedre miljøgevinst. Dette kan for eksempel skje gjennom å stille miljøkrav som minstekrav eller kvalifikasjonskrav (KS Bedrift 2016).

Offentlige innkjøpere har mulighet til å utøve stor innflytelse på miljø- og ressurseffektiviteten knyttet til transportvirksomheten i Norge. Gjennom å sette klare miljø- og ressurskrav i sine innkjøp, kan statlige og kommunale foretak bidra til reduksjon av klimagasser, fremme grønn innovasjon og på sikt bidra til en grønn omstilling i den norske transportsektoren (Hovland 2016).

Jeg har gjennomført en dokumentanalyse av tilgjengelige anbudsdokumenter i perioden 2007 til 2016 som gjelder anskaffelse av asfalt/veiprosjekter. Hensikten har vært å undersøke i hvilken grad miljø brukes som et tildelingskriterium og undersøke eventuelle forskjeller mellom stat og kommune. Anbudsdokumentene er hentet fra Doffin, som er en database for kunngjøring av offentlige anskaffelser. I alt 44 offentlige anbudsdokumenter på Doffin - 19 statlige og 25 kommunale oppdrag. Ti av anbudsdokumenter har som tildelingskriterium "det økonomisk mest fordelaktige på grunnlag av kriterier og vekting fastsatt i konkurransegrunnlaget". Disse er ikke med i dokumentanalysen, på grunn av utgått tilgangstillatelse. Det er dermed 34 offentlige anbudsdokumenter som er med i denne analysen.

I et anbudsdokument har den som legger ut anbudet mulighet til å sette tilbudskriterier. Disse kan dreie seg om pris, miljø og kvalitet. Jeg har gjennomgått og undersøkt hvor mange som nevner miljø som et kriterium i anbudsdokumentet. Jeg har også sammenlignet mellom ulike år for å se om det er noen utvikling over tid.

Tabell 5: Rangering og forklaring av kategorier for vekting av miljø i dokumentanalysen

Rangering	Forklaring
1	Nevner ikke miljø i tildelingskriteriet (veker kun etter laveste pris)
2	Veker miljø 1-20 %
3	Veker miljø \geq 20 %

5. Metodikk og datagrunnlag

5.1. Livssyklusanalyse

Livssyklusanalyser er en metode for summering av ressurs- og miljøkonsekvenser som kreves for å oppfylle produktet eller tjenestens funksjon i et livsløp ("fra vugge til grav"). Et viktig formål ved bruk av livsløpsanalyser er å avdekke miljøforbedringspotensialer ved ulike ledd knyttet til et produkt eller en tjeneste (Rydh et al. 2002).

Denne oppgaven er ikke en fullstendig LCA-studie, og det er viktig at resultatene fra dette studiet ses i sammenheng med grunnforutsetningene og systemgrensene, vist i Figur 5 .

5.1.1. Hensikt og omfang

Hensikten med livsløpsanalysen er å sammenligne utslipp av klima- og luftutslipp fra produksjon og forbrenning av drivstoff for to transportsystemer med tilhørende variasjoner i transportavstander: et kombinert sjø- og veitransportsystem og et system med kun transport på vei.

Hovedfokuset har vært hvordan Oslo Havn kan tilrettelegge for miljøvennlig massehåndtering i en hovedstad med en stadig økende befolkning. I denne forbindelse har jeg ikke inkludert energibruk i produksjon og utlegging av asfalt i beregningene, se Figur 5. Oslo Havn skal, som en sentrumsnær havn, i teorien kunne bidra til å redusere omfanget av massetransport på vei i sentrum, og på denne måten være en viktig aktør i arbeidet med å forbedre luftkvaliteten i byen.

Systemgrensene inkluderer transporten av pukk fra alternative pukkverk til asfaltfabrikker og transport ved levering av ferdig blandet asfalt til ulike utleggingsområder i Oslo kommune. Oppgaven er avgrenset til å analysere utslipp av klimagasser og lokalt luftforurensende gasser og partikler. Utslipp knyttet til produksjon, drift og vedlikehold av skip og lastebiler ikke inkludert i analysen.

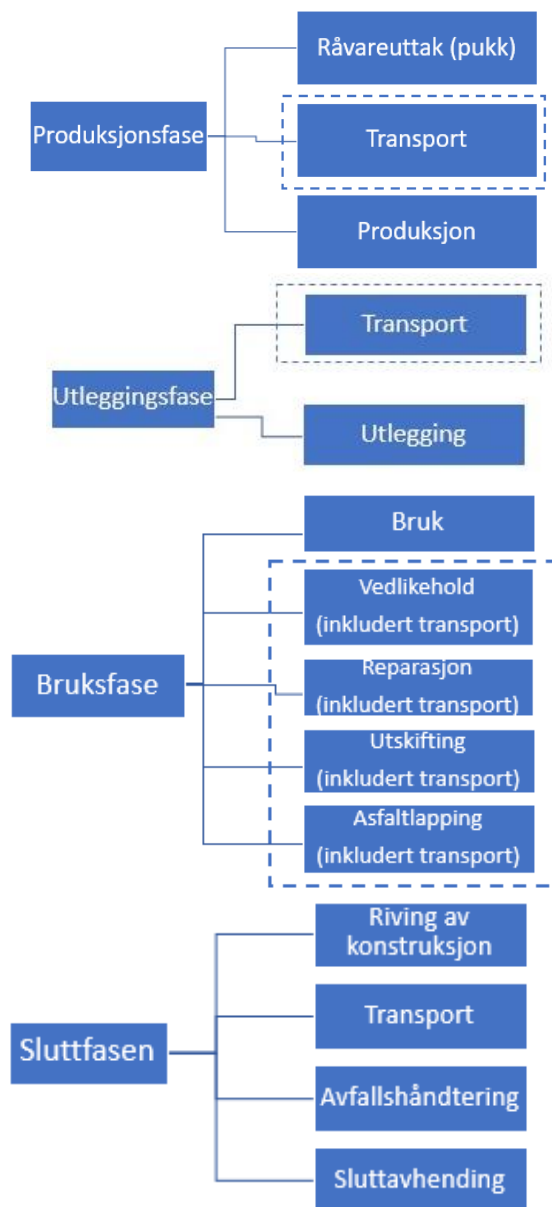
5.1.2. Funksjonell enhet

Funksjonell enhet er en kvantifisert enhet som beskriver analyseproduktet eller tjenestens funksjon, og er grunnlaget for å gjøre relevante sammenligninger (Lyng et al. 2014). Den funksjonelle enheten i dette studiet er satt til 100 000 tonn asfalt levert til utleggingssted i Oslo fra alternative asfaltfabrikker.

Referansestrøm er den mengden som kreves for å oppfylle funksjonell enhet. Asfalt består av 95 % pukk og 5 % bitumen. For å produsere 100 000 tonn asfalt behøver man 95 000 tonn pukk. I beregningen av resultater er 95 000 tonn pukk blitt benyttet som referansestrøm.

5.1.3. Systemgrenser

Figur 5 illustrerer livsløpet for et asfaltprosjekt, fra uttak av stein fra pukkverk til sluttavhending. Stiplede linjer viser de prosessene jeg har inkludert i analysen. All transport, med unntak av transport knyttet til sluttavhending er med i beregningene.



Figur 5: Systemgrenser for livsløpsanalyser

5.1.4. Forutsetninger og datakvalitet

SimaPro er en ledende programvarer innen livsløpsanalyse-verktøy (Herrmann & Moltesen 2015). Datasettene som er benyttet til livsløpsregnskapet for lastebilene er hentet fra databasen Ecoinvent 3.1 i SimaPro 8. Lastebiltypen i Ecoinvent 3.1 har lastekapasitet på ca. 36 tonn, men utnytter i gjennomsnitt kun 44 % av denne lastekapasitet, det vil si 15,96 tonn. Drivstofforbruk og eksosutslipp er basert på v3.1 fra *Handbook of Emission Factors* (HBEFA)-modellen. HBEFA-modellen bruker data fra Tyskland. Dette er også modellen SSB benytter for å beregne utslipp og utslippsfaktorer for norske utslipp til luft fra veitrafikk. Styrken ved denne modellen er at den inneholder oppdaterte data i beregningene for ulike typer luftutslipp som baserer seg på europeiske forskningsprosjekter (Holmengen & Fedoryshyn 2015).

Tallgrunnlaget for utslipp fra skipstransport med tungolje som drivstoff er basert på SimaPro-biblioteket "Agribalyse": "Transport, sea ship, 5000 DWT, 80%LF, short, empty return/GLO Mass". Utslippsdataene inkluderer ikke data for infrastruktur, dvs. bygging, drift og vedlikehold av havn og bygging og vedlikehold av skip. Drivstofforbruk spiller en viktig rolle når det gjelder utslipp, og forbruket avhenger av skipets størrelse, fyllingsgraden (utnyttelse av lastekapasiteten) og distansen. Det er antatt i modellen at skipet seiler med tom last i retur. Modellen skiller mellom fire ulike faser i skipstransporten:

- Seiling
- Sakte seiling (antas 1 time, 20 km seiling)
- Manøvrering (antas 1,1 time, 4 km)
- Landligge (antas 48 timer landligge)

Sjøtransportens lengde er av stor betydning for drivstofforbruket. En svakhet ved bruk av denne modellen i min oppgave er modellens inndeling av avstander med "kort", "middels" og "lang" distanse. Den korte distansen som er benyttet her kan brukes for seilinger som er kortere enn 5000 km, og drivstofforbruket er beregnet ut fra en distanse på 2500 km (Blonk Agri Footprint BV 2015). Dette gir usikkerheter i resultatene mine, da de aktuelle seilingsdistansene som blir benyttet i denne oppgaven er 183 km og 550 km.

Drivstofforbruket per tkm beregnet ut fra følgende matematiske formel:

$$\text{Drivstofforbruk (MJ/tkm)} = \frac{\text{Totalt drivstofforbruk} * 1000}{\text{distanse} * \text{dødsvektstonn} * \text{fyllingsgrad}}$$

For at sammenligningen av utslipp fra sjøtransport og veitransport skal foregå på et relativt likt grunnlag er det for lastebilene kun tatt med utslipp knyttet til drivstoffproduksjon, forbrenning av drivstoff og partikkelutslipp fra veislitasje. For sjøtransport er utslippene knyttet til drivstoffproduksjon og forbrenning. Eventuell slitasje for skipet vil gå til vann og ikke luft, og måles ikke av indikatorene jeg bruker. Når det gjelder lokal luftforurensning (her i form av nitrogenoksider og partikler) er det viktig å være klar over at det er landligge-etappen av sjøtransporten som vil gi bidrag til redusert luftkvalitet. Derimot, vil det for utslipp av klimagasser (her i form av karbondioksid) være nødvendig å sammenligne hele sjøruten med veitransporten, se Tabell 6 for oversikt over utslipp som inkluderes for de to transportløsningene. Resultatene som presenteres i kapittel seks er for nitrogendioksider og partikler fra kombinert sjø- og veitransport en sum av utslipp fra antall timer landligge og utslipp fra veitransporten på lastebil fra havnen og til de aktuelle utleggingsområder. For globale effekter (karbondioksid) inkluderer utslippene fra kombinert sjø- og veitransport utslipp fra hele sjøreisen (seiling, manøvrering og landligge), og veitransporten fra havnen og til utleggingsområdene. For de rene veitransport-scenariene er utslippene en sum av utslipp fra lastebiltransport fra pukkverk til asfaltfabrikk, og videre til utleggingsområdene.

For sjøtransporten fra Kragerø til Oslo havn med levering av stein er det antatt en avstand på 98,82 nautiske mil (183 km). Med en gjennomsnittshastighet på 9,2 knop, gjennomfører skipet denne seilingen på 10,74 timer. Utslippene beregnes med full last én vei og tom tilbake. Gjennomsnittlig liggetid i havn er beregnet til 6,8 timer.

Tabell 6: Forklaringstabell for lokale og globale bidrag

Lokale bidrag	Veitransport	Kombinert sjø- og veitransport
<i>NO_x- og partikkelutslipp</i>	Frakt av stein fra pukkverk til asfaltfabrikk, og videre transport av asfalt til utleggingsområder	Utslipp fra landligge fra sjøtransporten, og veitransport fra Oslo havn til utleggingsområder
Globale bidrag	Veitransport	Kombinert sjø- og veitransport
<i>CO₂ og CO₂-ekvivalenter</i>	Frakt av stein fra pukkverk til asfaltfabrikk, og videre transport av asfalt til utleggingsområder	Utslipp fra seiling, manøvrering og landligge fra sjøtransport, og veitransport fra Oslo havn til utleggingsområder

Under lokale bidrag, er partikkelutslippene kategorisert ut fra inndelingen vist i Tabell 7.

Tabell 7: Kategorisering av partikkelutslipp

	Inkluderer
PM_{2.5}	Partikler < 10 µm Partikler > 10 µm Partikler > 2.5 µm, og < 10 µm
PM₁₀	Partikler < 2.5 µm

5.2. Dokumentanalyse av offentlige anbud

Jeg har innhentet informasjon om statlige og kommunale prosjekter, både til drift og nybygg av veiprosjekter i Oslo. I noen av de offentlige anbudsdokumentene finnes det beskrivelse av tildelingskriteriet som er fastsatt i konkurransegrunnlaget. For flere av disse anbudsdokumentene er fristen for å få tilgang til konkurransegrunnlaget utløpt. Jeg har dermed valgt å se bort ifra 11 anbudsdokumenter i dokumentanalysen, på bakgrunn av manglende tilgang til detaljer rundt konkurransegrunnlaget.

33 av 44 anbudsdokumenter er dermed valgt ut til å være med i dokumentanalysen. Antallet anbudsdokumenter gjenspeiler antall dokumenter som jeg har funnet på Doffin som er anbud knyttet til asfaltering i Oslo kommune. Resultatene som presenteres i kapittel 6 representerer dermed ikke et selektert utvalg.

Anbudsdokumentene er rangert etter i hvilken grad miljøhensyn blir ivaretatt i anbudet. Rangeringen går fra lav til høy prioritering av miljø, se Tabell 5. Lav prioritering av miljø vil her si at miljø ikke er nevnt i anbudsdokumentet, og tildelingskriteriet er kun basert på laveste pris.

5.3. Metode: Nasjonalt beregningsverktøy

Til beregning av ytterligere negativ påvirkning på luftkvalitet i Oslo har jeg benyttet Nasjonalt beregningsverktøy for lokal luftkvalitet, utviklet av Norsk institutt for luftforskning (NILU) og Meteorologisk institutt (MET). Verktøyet egner seg godt for mitt studie, da det blant annet inneholder luftsonekart med ulike risikosoner i henhold til eksisterende regelverk for Oslo (Solbakken 2015). I de områdene av Oslo der det ikke finnes målinger av luftforurensning estimerer metoden luftforurensningskonsentrasjoner. Det er dermed viktig å være klar over at luftsonekartene vist i Figur 6, Figur 7 og Figur 8 vil kunne variere fra ett år til et annet (Tønnesen 2015).

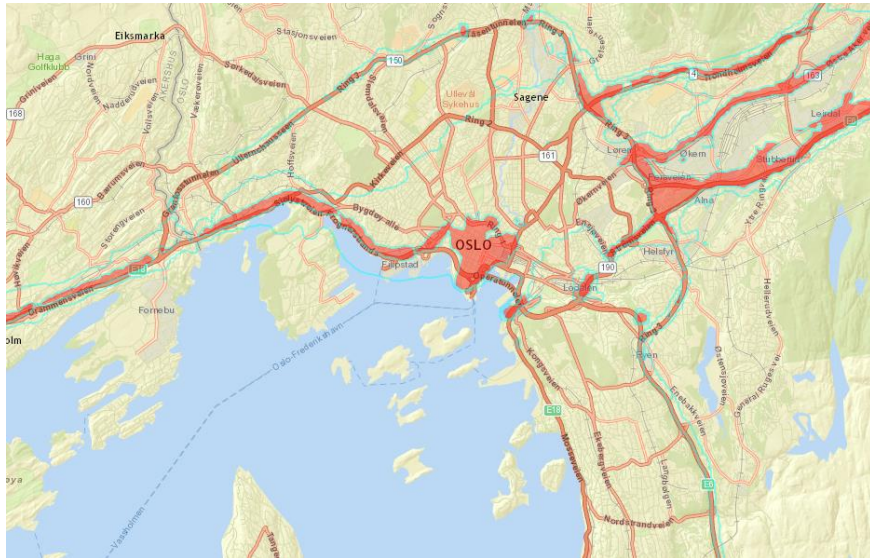
Luftforurensningssonene tar utgangspunkt i utslipp av PM_{10} og nivåer av NO_2 . Når det gjelder PM_{10} -utslipp er det døgnmiddelnivåene som ligger til grunn, med inntil syv overskridelser. For NO_2 -konsentrasjoner er det vinter- og årsmiddel som ligger til grunn. En sone defineres

som gul dersom døgnmiddelnivået av PM_{10} overskrider $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved flere enn syv tilfeller og/eller NO_2 -konsentrasjoner i perioden 1. november til 30. april (vintermiddel) overskrider $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Et området er innenfor rød sone når døgnmiddelet av PM_{10} overskrider $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved flere enn syv tilfeller, og/eller årsmiddel-konsentrasjonen av NO_2 overskrider $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Miljødirektoratet 2014).

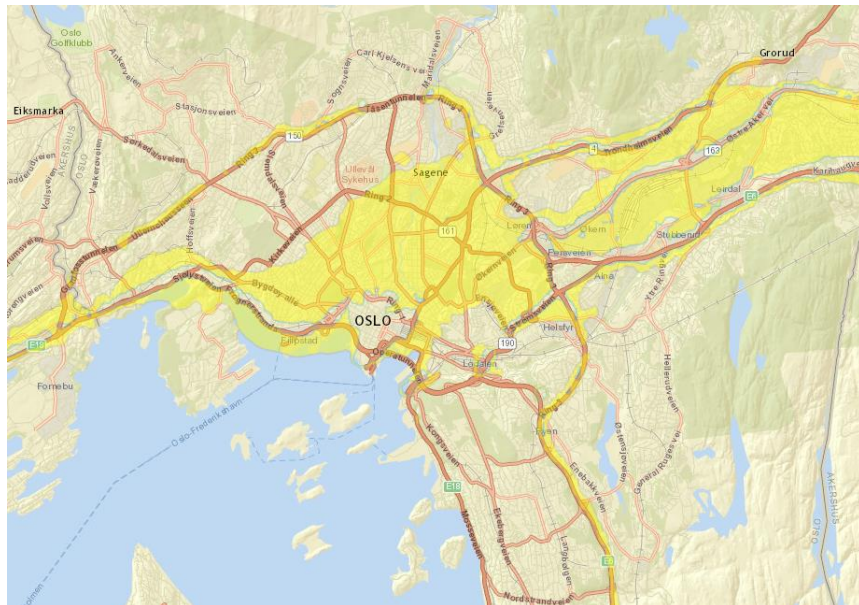
Gule og røde soner er risikosoner med tanke på helse. Gule soner er områder der personer med alvorlige luftveis- og hjerte-karsykdommer har økt risiko for sykdomsforverring. I disse sonene er det lite sannsynlig at friske personer oppleve negative helseeffekter. I røde soner vil det tilsvarende være økt risiko for sykdomsforverring hos personer med alvorlige luftvei- og hjerte-karsykdommer. Barn og eldre er spesielt sårbare i de røde sonene (Miljødirektoratet 2014) På bakgrunn av dette er rød sone en forbudssone med hensyn på bygging av skole, barnehage og lignende (Lützenkirchen 2017). Luftsonekartene er viktige for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging og har blitt kartlagt etter statlige anbefalinger (Miljøverndepartementet 2012).

Som vi kan se av Figur 6 er de røde sonene relativt spredt i Oslo kommune, men med et spesielt stort område i Oslo sentrum. Strekningen langs E18 fra Lysaker, og inn mot Oslo sentrum er også definert som rød sone. Dette henger i stor grad sammen med at det er blant de mest trafikkerte veiene i Oslo.

Figur 7 viser gule soner i et utsnitt av Oslo kommune. Som vi kan se er relativt store arealer i Oslo definert som gul sone.

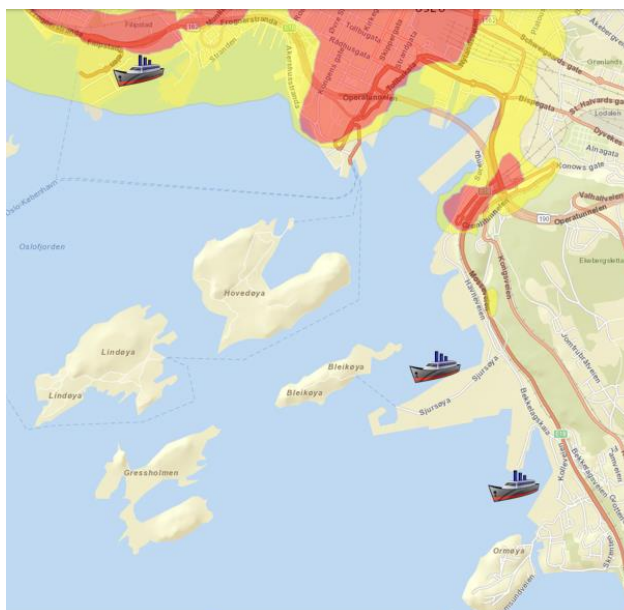


Figur 6: Røde soner i et utsnitt av Oslo



Figur 7: Gule soner i Oslo

Figur 8 markerer én asfaltfabrikk på Filipstad, og to på Sydhavna. Asfaltfabrikken som er markert med skip på Sjursøya er plassert på bakgrunn av at Filipstad-området i fremtiden vil byutvikles, og den stående asfaltfabrikken er forventet å flyttes til dette området. Figuren viser at Skanskas asfaltfabrikk på Filipstad er plassert innenfor gul sone med hensyn på luftkvalitet. De øvrige asfaltfabrikkene er imidlertid plassert utenfor både rød og gul sone.



Figur 8: Markering av asfaltfabrikker i Oslo Havn med hensyn på luftutslippssoner

For å måle antall kjørte km i gul og rød sone har jeg benyttet målefunksjonen i Nasjonalt Beregningsverktøy, se vedlegg 3. Hensikten har vært å undersøke den økte negative påvirkningen de ulike scenariene har, ved massetransport gjennom gule og røde soner i Oslo.

5.4. Data fra NILU/PortsEye

Oslo Havn KF har kartlagt sine klimagassutslipp med bakgrunn i anløpsstatistikken fra 2013. Beregningene er utført av NILU/PortsEye, og har blant annet resultert i et Excel-regneark med utslippsestimeringer for hvert enkelt fartøy med anløp i Oslo havn i 2013. Regnearket er i utgangspunktet ikke ment som et verktøy for kartlegging av utslipp fra enkelte fartøy. Skipene er blitt kategorisert og gitt en utslippsfaktor, som gir en generalisering av utslipp når man undersøker et spesifikt fartøy. Til tross for usikkerhetene ved dette verktøyet er det interessant å bruke disse dataene, da det kun finnes et fåtall verktøy for beregning av utslipp fra sjøtransport i Norge.

5.5. Produksjon av marin dieselolje (MDO)

Med tanke på at dataene fra DNV GL kun viser utslipp fra drivstofforbruk ved sjøtransport, har jeg lagt til utslipp fra produksjon av marin dieselolje for å sammenligne med veitransport på et relativt likt grunnlag. Dataene er hentet fra databasen "USL LCI": "Transport, ocean freighter, diesel powered/US" i SimaPro 8. Materialene som inngår for beregning av utslipp fra dette skipet er kun "Diesel, at refinery I/US", og mengden diesel her står fast til 0,0049263 liter. For å benytte disse dataene omregner jeg fra liter til tonn, og multipliserer faktoren med mengde tonn diesel som kreves for sjøtransporten. Fra DNV GL har jeg fått opplysninger om drivstofforbruk i tonn per seiling for transit og landligge. I denne oppgaven benyttes betegnelsen "transit" som en samlebetegnelse for seiling og manøvrering ved skipstransport.

Omregning fra liter marin dieselolje til tonn marin dieselolje:

$$0,0049 \text{ dm}^3 * 0,885 \text{ kg/dm}^3 = 0,0043 \text{ kg}$$

$$0,0043 \text{ kg} = 0,0000043 \text{ tonn}$$

For totalt 38 seilinger (19 med last og 19 med tom last) summeres drivstofforbruket til 342 tonn for transit, og 36,1 tonn marin dieselolje for 19 anløp i Oslo havn ved landligge. For beregning av utslipp målt i CO₂ og CO₂-ekvivalenter har jeg benyttet 345,8 tonn marin dieselolje, som er summen av transit- og landliggeutslipp fra totalt 38 seilinger. For utslipp av lokalt luftforurensende gasser og partikler i Oslo har jeg benyttet 36,1 tonn.

For å finne utslipp fra produksjon av marin dieselolje for sjøtransporten fra Kragerø til Oslo havn, har jeg beregnet drivstofforbruket. Samme skip som benyttes fra Tau til Oslo havn kan benyttes til levering av pukk fra Kragerø til Oslo havn. Med utgangspunkt i informasjon fra DNV GL om drivstofforbruket og seilingstiden som kreves for reisen mellom Tau og Oslo, har jeg beregnet forbruket av marin dieselolje til å bli tilnærmet lik 0,28 tonn/time. For 38 seilinger på 10,74 timer blir totalt drivstofforbruk tilnærmet lik 113,72 tonn for transit, og 36,1 tonn for forbruk ved landligge.

5.6. Oppsummering av metode

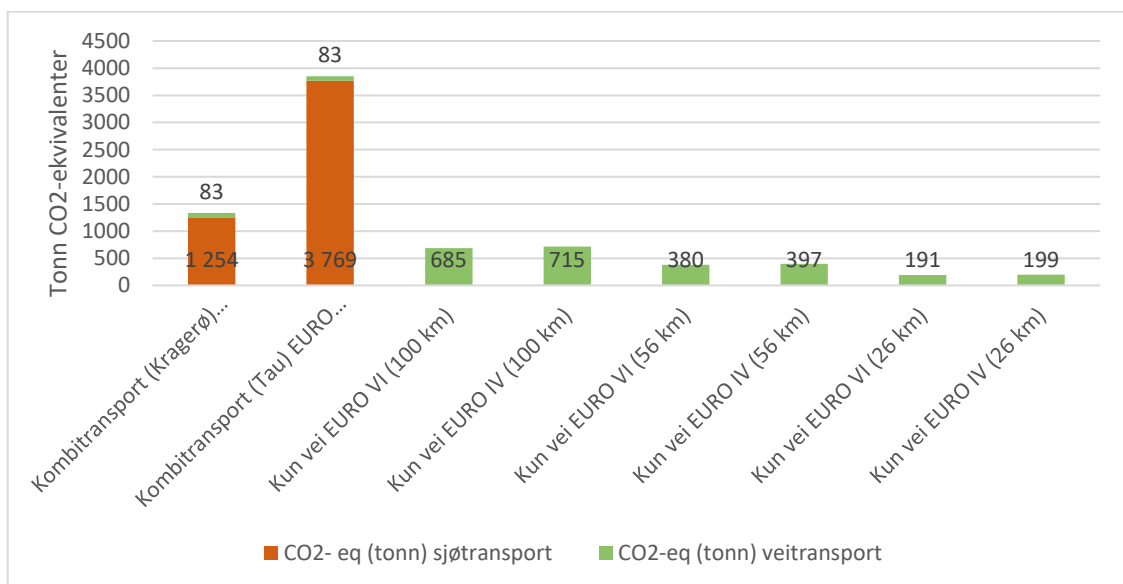
Jeg har kombinert og sammenlignet tre ulike metoder for beregning av klima- og luftutslipp fra sjø- og veitransport. Hensikten har vært å se på styrker og svakheter ved hver enkelt metode. Samtidig har det bidratt til bedre innsikt i hvorfor det i dag er utfordringer med for lite, og i mange tilfeller ingen miljøkrav i offentlige anbud. Erfaringen viste at det i rollen som anskaffer vil være vanskelig å bruke de aktuelle metodene med tilhørende resultater alene som beslutningsverktøy for å sette miljøkrav som tildelingskriterium i en anbudsrunde. Med det mener jeg for det første at det med mine forutsetninger og inngangsdata har vært utfordringer med å bruke SimaPro alene for å få resultater som gir et riktig bilde av sjøtransportens utslipp, spesielt med tanke på bidrag til lokal luftforurensning. Den andre viktige årsaken til at det har vært nødvendig og hensiktsmessig med bruk av flere verktøy er blant annet for å belyse de reelle effektene knyttet til utslippsberegningene, der bruk av luftsonekartene i Nasjonalt beregningsverktøy for luftkvalitet har vært et viktig supplerende verktøy.

6. Resultater

6.1. Globale utslipp fra drivstoffproduksjon og forbrenning

Figur 9 viser utslipp av klimagasser målt i tonn CO₂-ekvivalenter fra drivstoffproduksjon og forbrenning av drivstoff med utgangspunkt i en funksjonell enhet på leveranse av 100 000 tonn asfalt. Som diagrammet viser er det kombinert sjø- og veitransport med pukk hentet fra Tau i Rogaland (550 km seiling) som fører til de største utslippene målt CO₂-ekvivalenter. Det beste alternativet med tanke på klimagassutslipp med disse resultatene er totalt 26 km på vei. Dette scenariet er basert på kjøring av pukk fra Bjøndalen i Nittedal til Losby asfaltfabrikk, og videre levering fra Losby til utleggingsområdene i Oslo. Et interessant funn i datagrunnlaget i Ecoinvent 3.1 er at utslippene av N₂O er høyere for den nyere EURO-klassen VI enn for EURO IV.

Dataene for utslipp fra sjøtransport er hentet fra datagrunnlaget i Agribalyse: "Transport, sea ship, 5000 DWT, 80%LF, short, empty return/GLO Mass" i SimaPro 8. Dette datagrunnlaget er basert på tungolje som drivstoff for sjøtransport. For veitransporten ligger datagrunnlaget i Ecoinvent 3.1: "Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 {RER}| Alloc Rec, U_diesel production and combustion" og "Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 {RER}| Alloc Rec, U_diesel production and combustion" til grunn for beregningene.

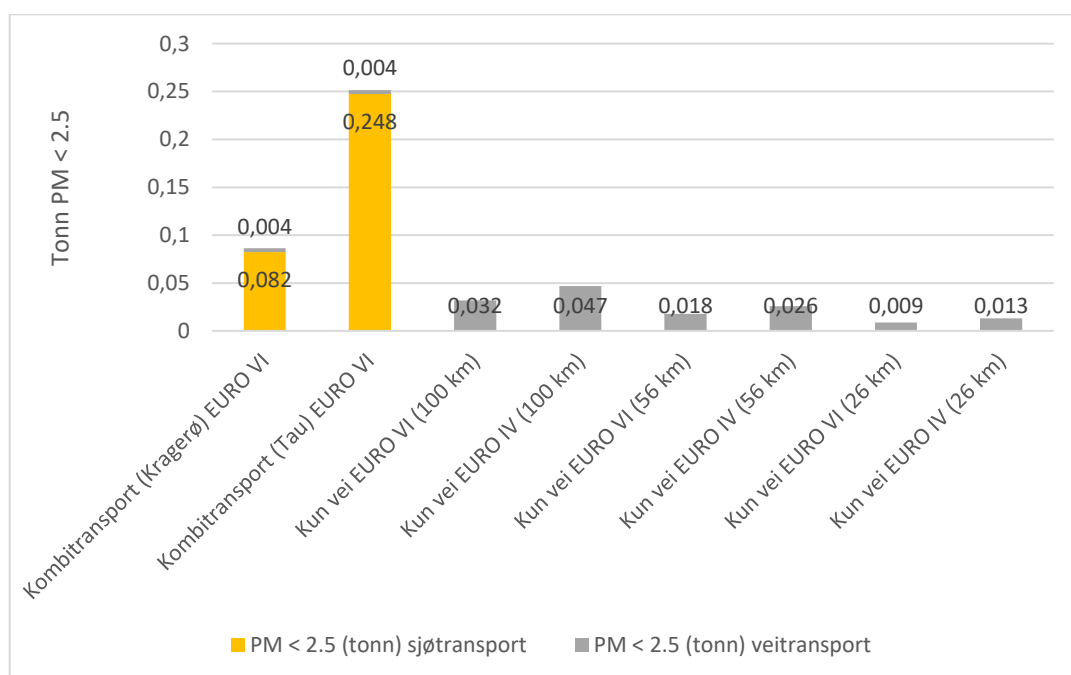


Figur 9: Utslipp målt i CO₂-ekvivalenter (tonn) fra Simapro 8 fra produksjon og forbrenning av drivstoff. Diagrammet viser utslipp av klimagasser for seks scenarier på vei og to med kombinert sjø- og veitransport. EURO-klassen for lastebilene er VI og VI.

6.2. SimaPro-resultater: Lokale og regionale effekter

6.2.1. Sammenligning av partikkelutslipp

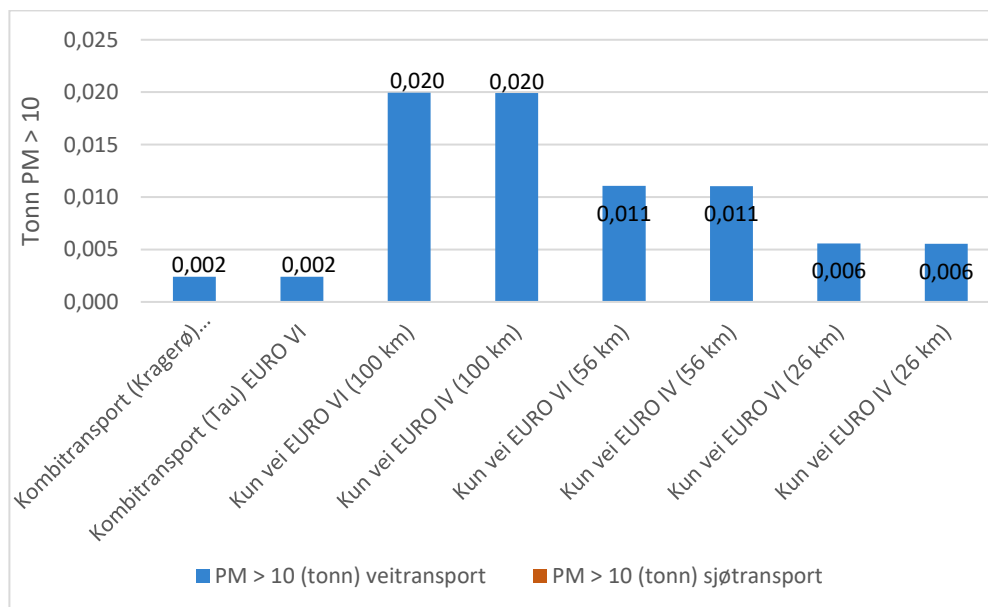
Figur 10 viser utslipp av PM < 2.5 fra dieselproduksjon og forbrenning av lastebiler med Euroklasse-krav IV og VI i tonn, med utgangspunkt i en funksjonell enhet på levering av 100 000 tonn asfalt. Som det fremgår av diagrammet er utslippene av PM_{2.5} størst for kombinert sjø- og veitransport med sjøtransport for frakt av puk (550 km), og videre levering av asfalt fra Filipstad til utleggingsområdene (ca. 12 km ut fra vektet snitt). Utslippstallene for sjøtransport er basert på databasen Agribalyse: "Transport, sea ship, 5000 DWT, 80%LF, short, empty return/GLO Mass". Utslippsfaktorer for veitransport er hentet fra Ecoinvent 3.1: "Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 {RER}| Alloc Rec, U_ diesel production and combustion" og "Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 {RER}| Alloc Rec, U_diesel production and combustion".



Figur 10: Utslipp av PM < 2.5 fra SimaPro 8. Her viser PM < 2.5 (tonn) fra sjøtransport, utslippene knyttet til hele sjøtransporten, herunder seiling, manøvrering og landligge.

Figur 11 utslipp av PM > 10 fra to kombinerte sjø- og veitransportsystemer, og seks transportsystemer på vei ved produksjon og forbrenning av drivstoff. Diagrammet viser utslipp av PM > 10 ved bruk av tungolje som drivstoff for sjøtransporten, og diesel for veitransporten. Resultatene viste at sjøtransporten ikke bidrar til utslipp av PM > 10 (tonn).

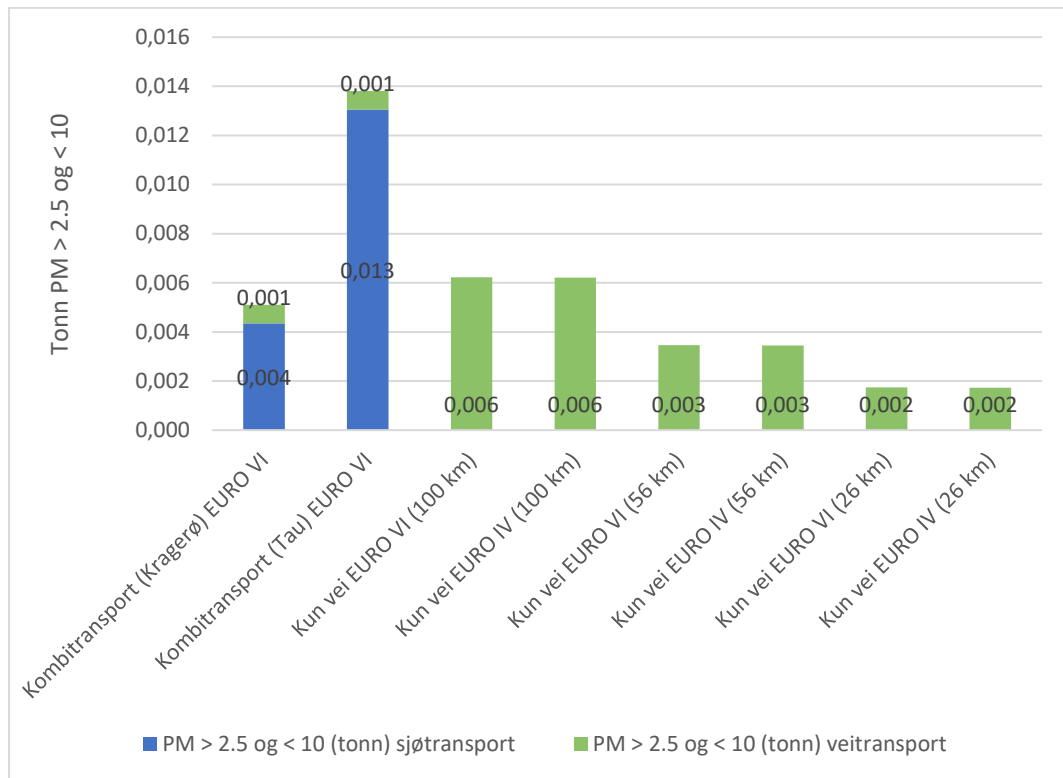
Dataene for sjøtransport er hentet fra SimaPro 8: "Agribalyse": "Transport, sea ship, 5000 DWT, 80%LF, short, empty return/GLO Mass". For veitransporten følgende data fra Ecoinvent 3.1 benyttet: "Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 {RER}| Alloc Rec, U_diesel production and combustion" og "Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 {RER}| Alloc Rec, U_diesel production and combustion".



Figur 11: Utslipp av PM > 10 fra Simapro 8 for kombinert sjø- og veitransport og kun veitransport.

Figur 12 viser utslipp av PM > 2.5 og < 10 i tonn for kombinert sjø- og veitransport (to scenarier og veitransport (seks scenarier) ved produksjon og forbrenning av drivstoff. Grovfraksjonen i svevestøv er PM_{10-2,5}, det vil si partikler mellom 2,5 µm og 10 µm. Figuren viser at utslippene er høyest fra kombinert sjø- og veitransport fra Tau (550 km seiling) og videre levering av ferdig asfalt på vei fra Oslo havn (12 km på vei). Utslippsfaktorer for sjøtransport, med tungolje som drivstofftype er hentet fra Simapro 8: "Agribalyse":

"Transport, sea ship, 5000 DWT, 80%LF, short, empty return/GLO Mass". Ved kun veitransport for frakt av pukk og ferdig asfalt er utslippene av PM > 2.5 og < 10 like ved bruk av både EURO IV og EURO VI.

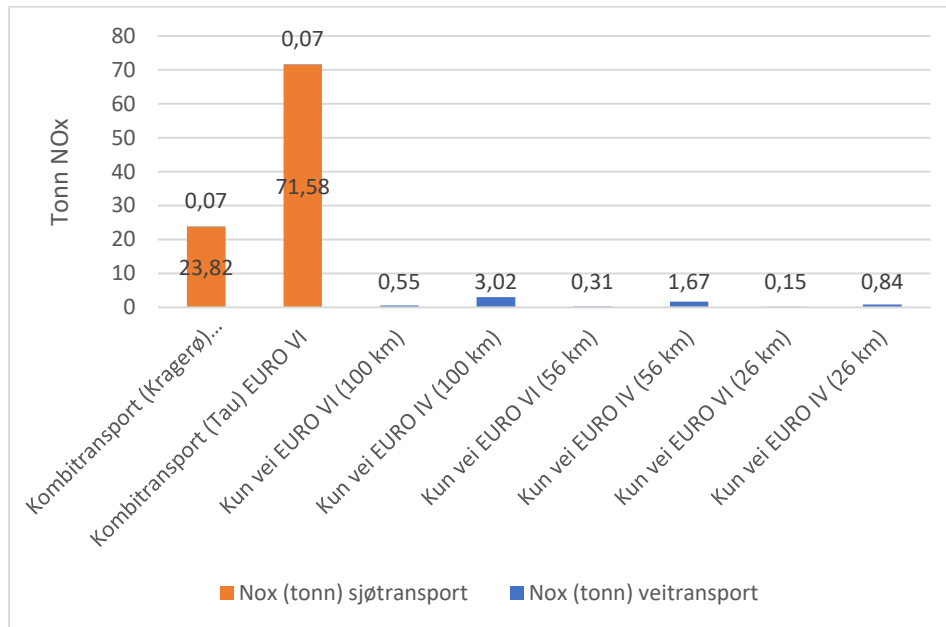


Figur 12: Utslipp av PM > 2.5 og < 10 fra SimaPro 8. Resultatene fra sjøtransporten i dette diagrammet inkluderer hele sjøreisen, herunder seiling, manøvrering og landligge.

6.2.2. Sammenligning av NO_x-utslipp

Figur 13 viser NO_x-utslippene fra to kombinerte sjø- og veitransportsystemer og seks scenarier på vei. Utslippene er knyttet til produksjon og forbrenning av drivstoff. NO_x-utslippene er størst ved kombinert sjø- og veitransport, der stein hentes fra Tau i Rogaland med båt (550 km seiling hver vei, og tungolje som drivstoff) og ferdig asfalt fraktes på vei fra Oslo havn (EURO VI-lastebil). Som vi ser av søylene forbedres NO_x-utslippene fra veitransport betraktelig fra EURO IV til EURO VI. Dette skyldes strengere krav til utslipp i den nyeste EURO-klassen. Resultatene for sjøtransporten er med utgangspunkt i data fra Simapro 8: Agribalyse: "Transport, sea ship, 5000 DWT, 80%LF, short, empty return/GLO

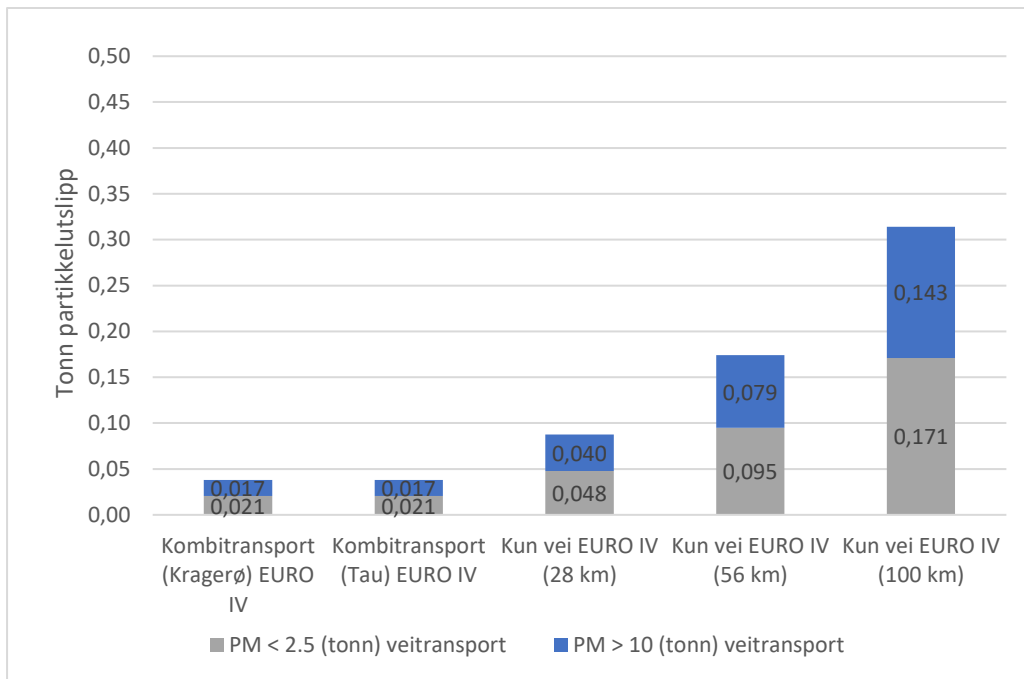
Mass". For scenariene på vei er dataene hentet fra Simapro 8: Ecoinvent 3.1: "Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 {RER}| Alloc Rec, U_ diesel production and combustion" og "Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 {RER}| Alloc Rec, U_ diesel production and combustion".



Figur 13: Utslipp av NOx (tonn) fra Simapro 8 dieselproduksjon og forbrenning. For sjøtransporten betyr dette at resultatene inkluderer utslipp fra seiling, manøvrering og landligge.

6.2.3. Direkte utslipp fra slitasje

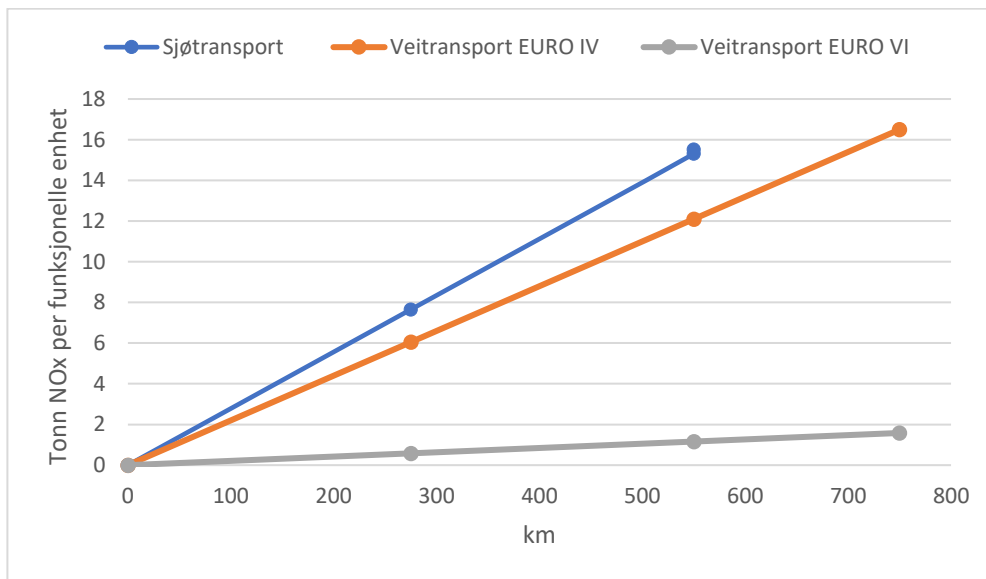
Figur 14 viser totalutslipp av partikler for systemene i tonn fra direkte slitasje. Utslippene av PM_{2.5} og PM₁₀ fra sjøtransport kommer fra forbrenningsmotorer, og ikke veislitasje, og er dermed ikke relevante for resultatene som presenteres i diagrammet.



Figur 14: Partikkelutslipp fra direkte slitasje for (EURO IV lastebiler)

6.3. Utslippskurve for NO_x-utslipp

Figur 15 viser en utslippskurve for NO_x fra sjøtransport og lastebil med EURO IV og EURO VI ved forbrenning av drivstoff. Utslippene er basert på levering av mengden i referansestrømmen, 95 000 tonn puk. For sjøtransporten inkluderer tallene utslipp fra forbrenning av marin dieselolje og utslipp ved landligge (6,8 timer i havn) med utgangspunkt i dataene fra DNV GL. For veitransport er dataene hentet fra Simapro 8 og viser kun utslipp fra forbrenning av diesel. Som vi ser er utslippene av NO_x fra den nyeste EURO-klassen VI sterkt reduserte sammenlignet med den eldre EURO-klassen IV. Dette gjør at EURO VI alltid vil ha lavere utslipp av NO_x enn både sjøtransport og transport levert med lastebil som har EURO-klasse IV. For EURO IV og sjøtransport med bruk av marin dieselolje som drivstoff vil det være lavere utslipp såfremt distansen er lik. Dette betyr eksempelvis at veitransporten vinner fortrinn med tanke på NO_x-utslipp for kjøring inntil 750 km på vei, så lenge seilingsdistansen er under 550 km hver vei og landligge per tur er 6,8 timer.



Figur 15: Utslippskurve for NOx per funksjonelle enhet

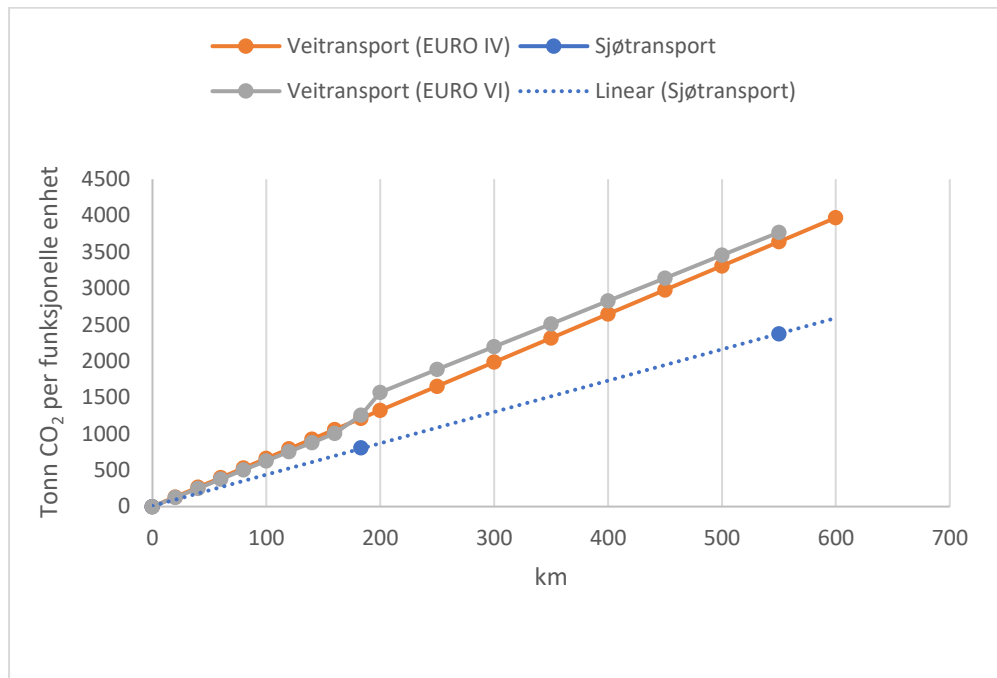
6.4. Utslippskurve for CO₂

Figur 16 viser utslippskurver for CO₂ ved leveranse av referansestrøm (95 000 tonn puk) med sjøtransport, veitransport (EURO VI) og veitransport (EURO IV). Som vi ser av grafen er sjøtransportens utslipp lavere enn de to scenariene på vei ved alle distanser. I dette case-studiet er imidlertid ikke distansene på vei og sjø like lange, slik at i dette studiet vil sjøtransporten ha høyere utslipp av CO₂ enn de sammenlignede veitransportene. Dette skyldes at seilingsdistansen er relativt lang for sjøtransporten (183 km og 550 km), mens avstandene som sammenlignes på vei er 26 km, 56 km og 100 km.

Et interessant punkt å ta frem er at dersom man hadde satt et "utslippstak" på 2000 tonn CO₂, vil man kunne hente asfalt innenfor en radius på ca. 300 km med lastebil med EURO-klasse VI, ca. 250 km med lastebil som har EURO-klasse IV, og ca. 450 km med skip. Dette understreker sjøtransportens konkurransedyktighet, selv ved lange seilingsdistanser.

For utslipp fra sjøtransport er DNV GLs utslipptall for forbrenning av drivstoff og Simapro 8 databasen USL LCI: "Transport, ocean freighter, diesel powered/US brukt for beregning av utslipp ved produksjon av drivstoff. For veitransport er dataene hentet fra Simapro 8:

Ecoinvent 3.1: "Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 {RER}| Alloc Rec, U_diesel production and combustion" og "Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 {RER}| Alloc Rec, U_diesel production and combustion"



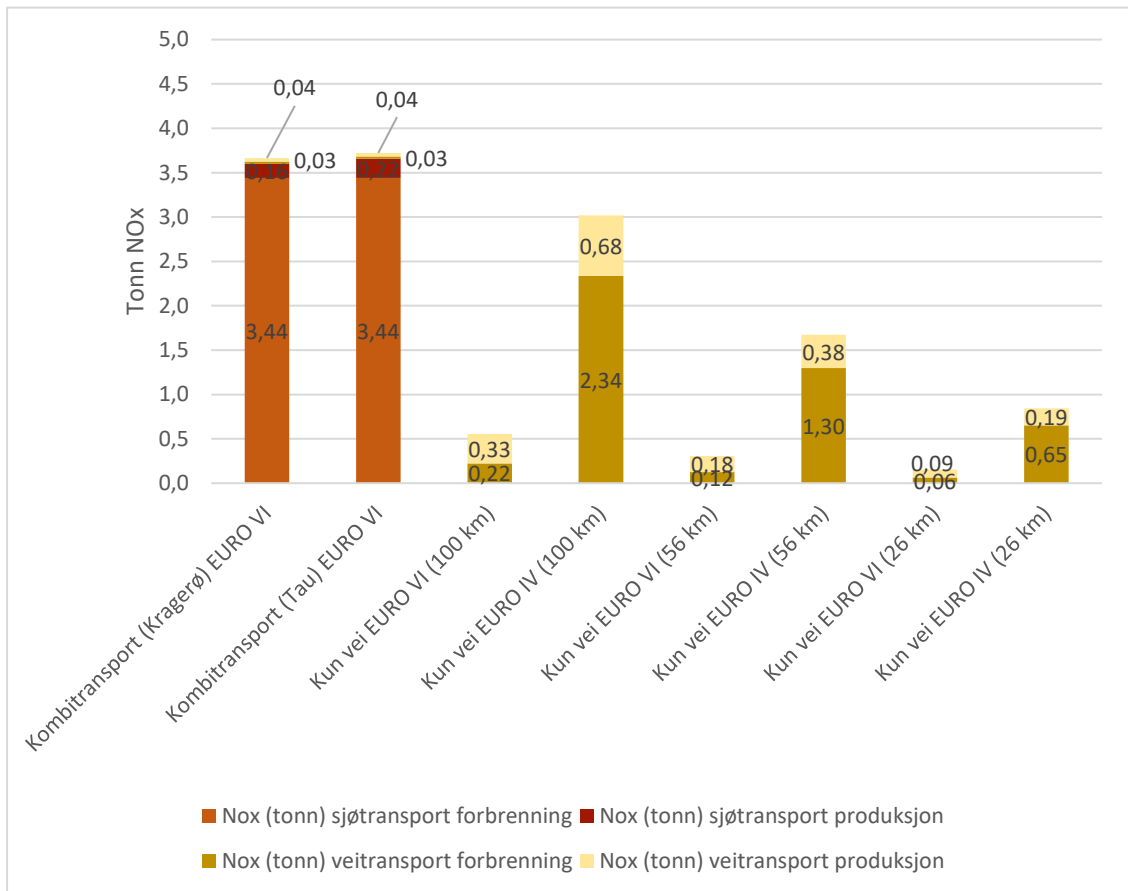
Figur 16: Utslippskurve for CO₂ ved forbrenning av drivstoff

6.5. Resultater fra bruk av data fra DNV GL og SimaPro 8

6.5.1. Utslipp av NO_x

Figur 17 viser resultater fra analyser basert på utslippsdata for sjøtransport fra DNV GL. For utslipp av NO_x fra forbrenning av marin dieselolje for sjøruten fra Tau til Oslo havn har jeg benyttet tall fra DNV GL. For å sammenligne kombinert sjø- og veitransport med kun veitransport, og samtidig opprettholde livsløpsperspektivet har jeg lagt til utslipp fra produksjon av marin dieselolje til tallene fra DNV GL. Figur 17 viser utslipp målt i NO_x fra produksjon og forbrenning av marin dieselolje for sjøtransport og ordinær diesel for lastebiltransporten. Som vi ser av diagrammet er det betydelig reduksjoner i utslipp av NO_x fra EURO VI sammenlignet med den eldre EURO-klassen IV. Kombinert sjø- og veitransport genererer de høyeste utslippene av NO_x sammenlignet med de øvrige veitransport-scenariene. I utslippet fra kun sjøtransport (markert med rødt i "Kombitransport (Kragerø) EURO VI" og "Kombitransport (Tau) EURO VI") er resultater fra både DNV GL og SimaPro 8 lagt til grunn. Målinger fra DNV GL ligger til grunn for utslipp fra forbrenning av drivstoff, mens

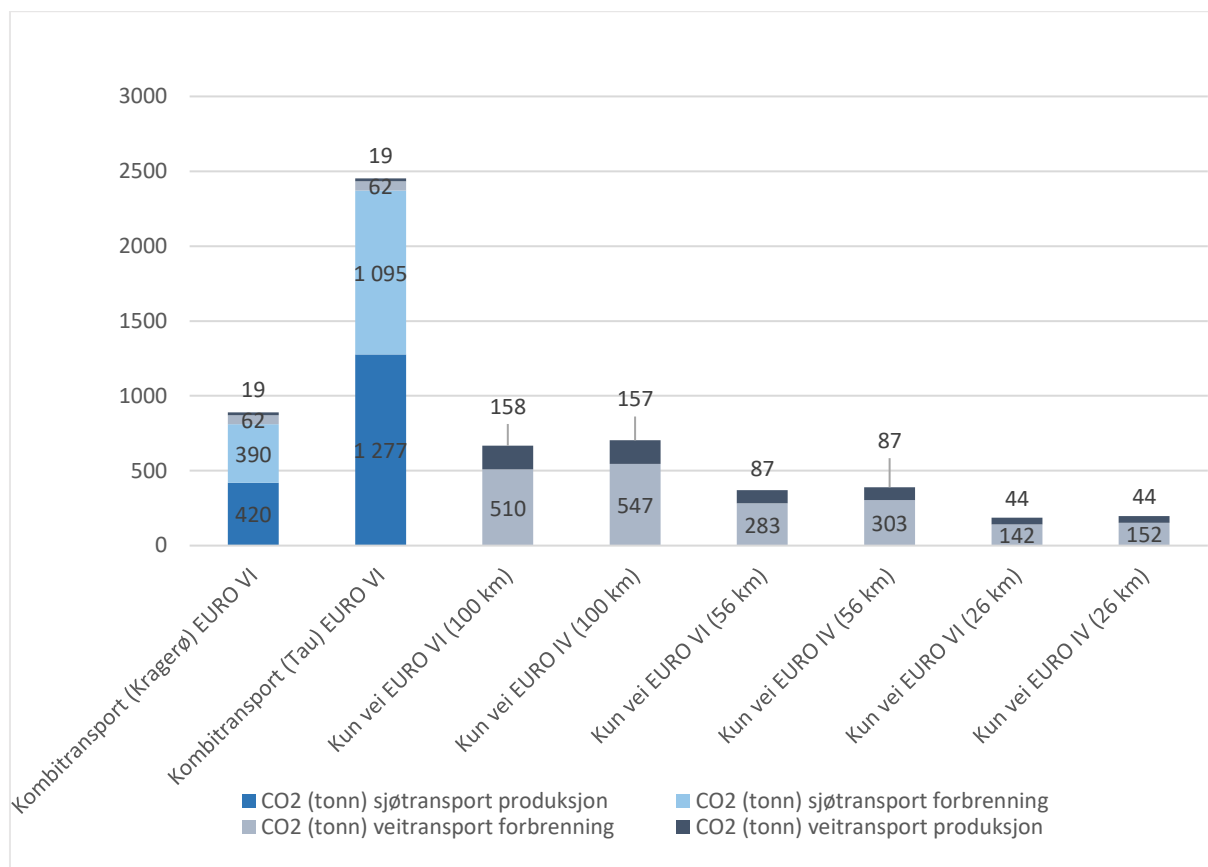
utslipp fra produksjon av marin diesel, hentet fra "USL LCI": "Transport, ocean freighter, diesel powered/US" i SimaPro 8 er lagt til forbrenningsutslippet.



Figur 17: NOx-utslipp fordelt på produksjon og forbrenning av drivstoff for kombinert sjø- og veitransport (kun landligge for sjøtransport) og tungtransport på vei. Utslippene er fordelt på utslipp fra produksjon av henholdsvis marin dieselolje og ordinær diesel fra sjøtransport og veitransport.

6.5.2. Utslipp av CO₂

Som vi ser av søylene i Figur 18 er utslippene knyttet til produksjon og forbrenning av drivstoff for sjøtransporten desidert høyest i sammenligning med produksjon og forbrenning av ordinær diesel for veitransport. Som vi ser av diagrammet er det liten reduksjon i utslipp ved EURO VI sammenlignet med den eldre EURO-klassen IV. Dette skyldes at EURO-kravene ikke gjelder utslipp av CO₂.



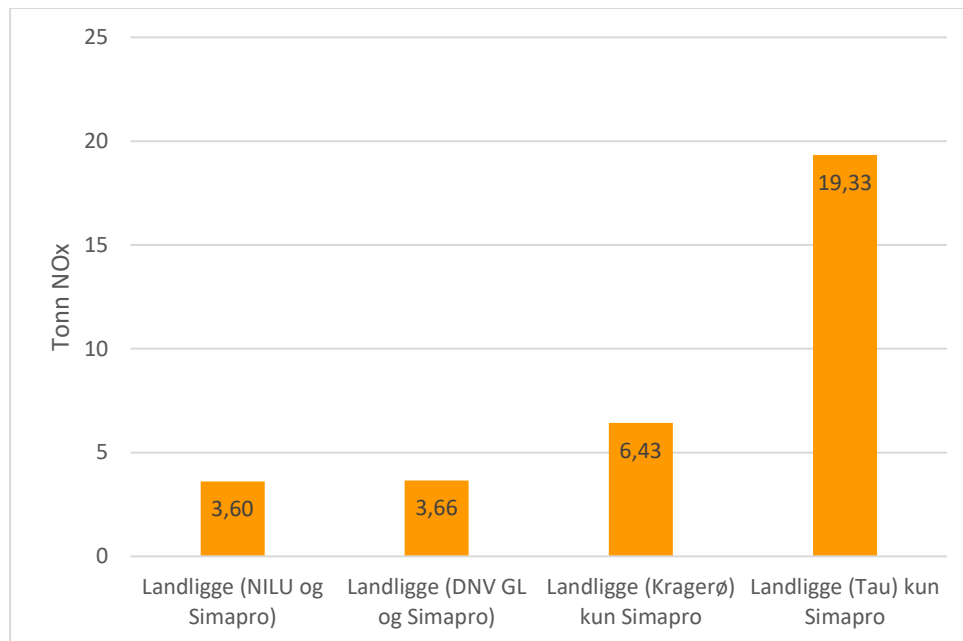
Figur 18: CO₂-utslipp fordelt på produksjon og forbrenning av drivstoff. For sjøtransporten er utslippene knyttet til produksjon og forbrenning av marin diesel, og for veitransporten er drivstoffet diesel.

6.6. Sammenligning av metoder for sjøtransport (landligge)

Figur 19 viser en sammenligning av resultater fra de tre gjennomgåtte metodene med hensyn på utslipp fra landligge ved sjøtransport og produksjon av drivstoff. Den første metoden er en kombinasjon av data fra NILU/PortsEye og SimaPro 8.

Siden dataene fra NILU/PortsEye ikke inkluderer utslipp fra produksjon av marin dieselolje, er disse utslippene hentet fra SimaPro og lagt til i beregningene. Tilsvarende gjelder det for DNV GL-dataene, at utslipp fra produksjon av marin dieselolje må hentes fra SimaPro og legges til. For de to siste søylene til høyre i diagrammet er resultatene kun fra SimaPro 8 (Agribalyse): "Transport, sea ship, 5000 DWT, 80%LF, short, empty return/GLO Mass", med

tungolje som drivstofftype. Med datagrunnlaget i Simapro 8 har jeg kun fått utslippet for hele sjøtransporten. For å finne mengden utslipp som er knyttet til landligge-delen er det mulig å multiplisere totalutslippet med 27 % for å trekke ut landligge. Dermed viser de to søylene til høyre ulike utslipp, da de er basert på ulike seilingsdistanser.



Figur 19: NO_x-utslipp fra landligge ved bruk av ulike verktøy. To søyler til venstre viser utslipp med hensyn på produksjon og forbrenning av marin dieseloilje, og to søyler til høyre viser utslipp knyttet til produksjon og forbrenning av tungolje.

6.7. Sammenheng mellom direkte utslipp og luftforurensningssoner

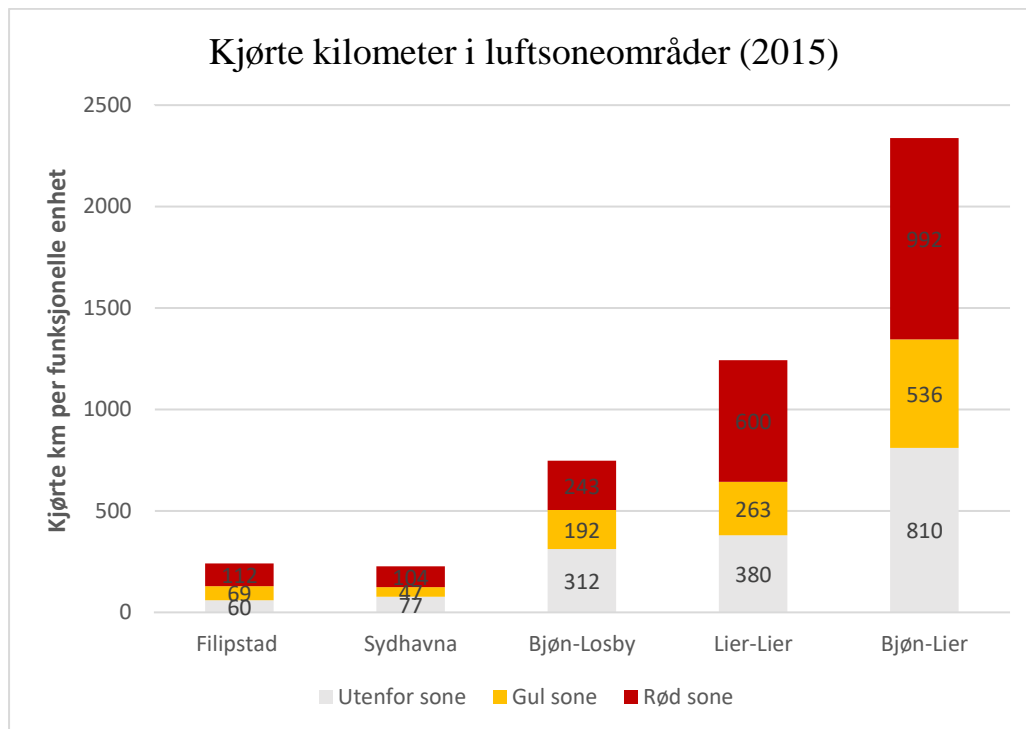
6.7.1. Kjørte kilometer i luftsonerområdene

Resultatene som presenteres er beregnet ut fra målinger i Luftsonekart fra Nasjonalt beregningsverktøy for luftkvalitet.

Figur 20 viser resultatene fra kombinasjon av utslippsberegningene i livsløpsvurderingen og Nasjonalt beregningsverktøy for luftkvalitet med hensyn på kjøring i gule og røde soner. Som vi ser av søylene vil kjøring av ferdig asfalt fra Oslo Havns asfaltfabrikk plassert på Sydhavna gi færrest antall kjørte km i rød og gul sone, med henholdsvis 112 og 69 km i respektive soner. Per 2016 er det en midlertidig asfaltfabrikk i drift på Ormsund (markert på kart i Figur 8). Nest etter kjøring av asfalt fra Sydhavna kommer Oslo Havns asfaltfabrikk på Filipstad,

som det scenariet med færrest kjørte kilometer gjennom gule og røde soner med hensyn på luftkvalitet.

Dersom det er ønskelig å begrense kjøring i rød sone, for å dempe ytterligere negativ påvirkning på luftkvaliteten i Oslo, vil det å benytte asfalt produsert og levert fra Oslo havn være det beste alternativet.



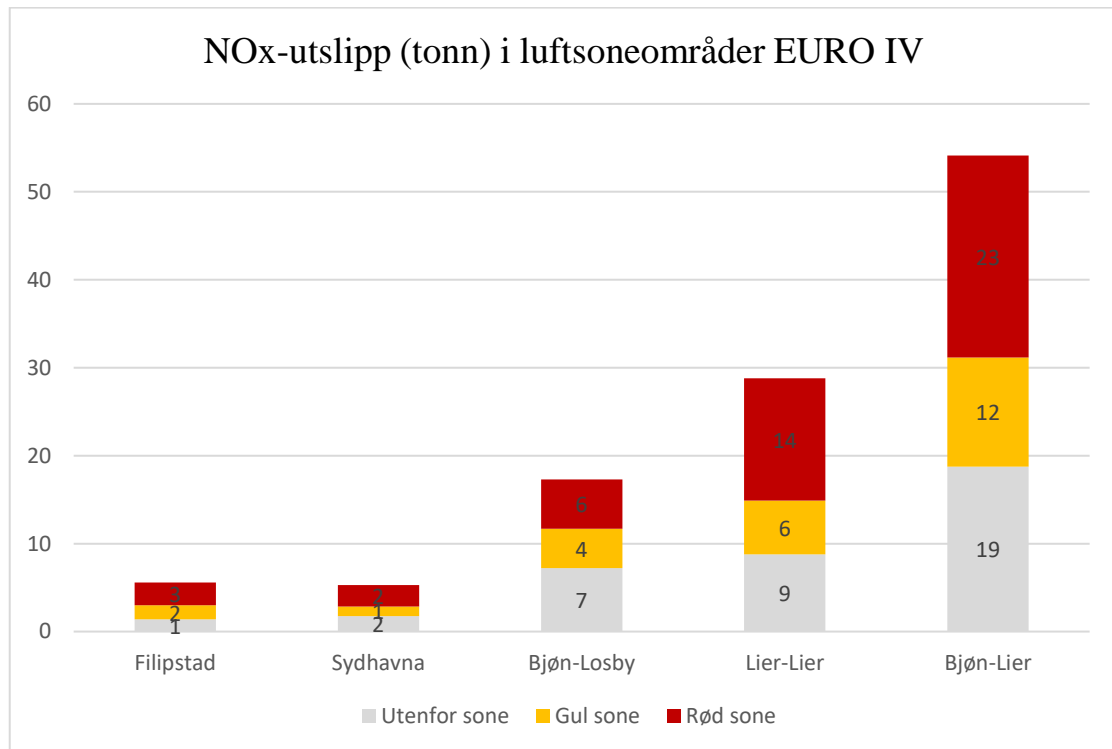
Figur 20: Kjørte kilometer i luftsonerområder per funksjonelle enhet

6.7.2. NOx-utslipp i luftsonerområdene

Figur 21 viser utslipp av NOx fra transport med bil i luftforurensningssonene gul og rød, samt utslipp utenfor luftsonerområdene. Resultatene er basert på lastebiler som kun oppfyller EURO-IV-kravene. Som søylene i diagrammet viser er det lavest NOx-utslipp i både gule og røde soner når asfalt produseres på en asfaltfabrikk plassert på Sydhavna i Oslo havn og leveres til utleggingsområdene i Oslo.

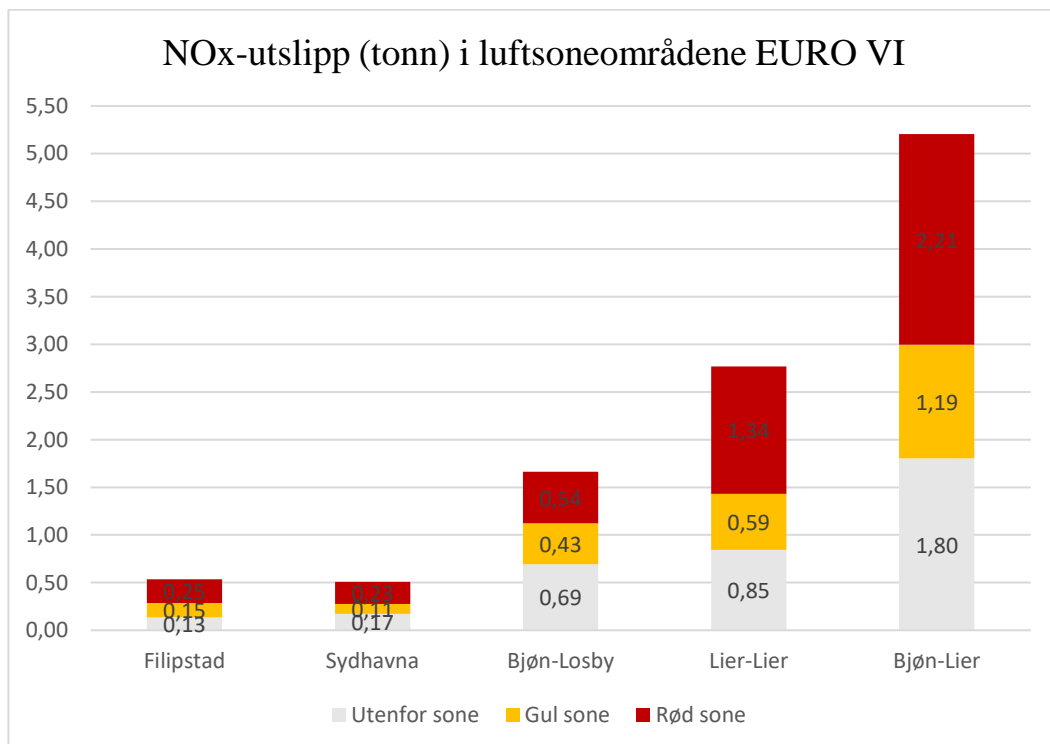
For levering av asfalt på vei fra Filipstad til de aktuelle utleggingsområdene i Skanskas asfaltkontrakt fra 2016, vil av utslippene foregå i rød sone. gjennom rød sone, er når stein

kjøres fra Franzefoss Lier pukkverk til NCC Lierskogen asfaltfabrikk, og videre til utleggingsområdene i Oslo.



Figur 21: Utslipp av NOx i luftsonerområdene fra EURO IV

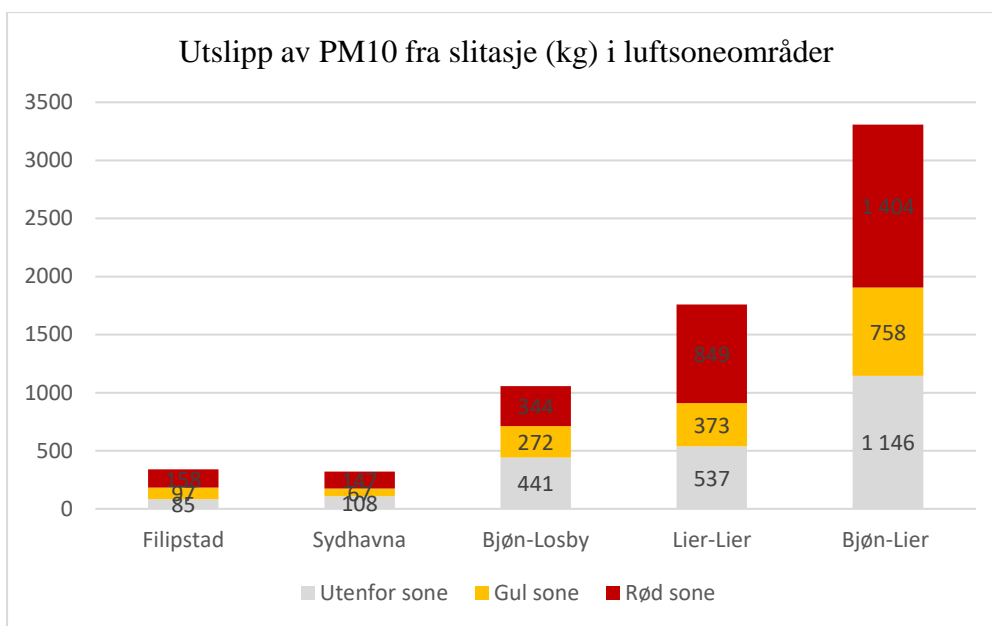
Figur 22 viser utslipp av NO_x i luftsonerområdene. Det viktig å være klar over utslippene kun er knyttet til forbrenning av diesel, med EURO VI-lastebil. Diagrammet viser at utslippene innenfor gule og røde soner øker i tråd med økte kilometer kjøring. Søylen til ytterst til høyre er den lengste veitransporten (100 km), og er det scenariet på vei som generer mest utslipp av NO_x i tonn i både gule og røde soner. To søyler til venstre viser at utslipp fra veitransport inn og ut fra havnen er det mest NO_x-vennlige alternativet, forutsatt at asfalten produseres i havnen.



Figur 22: Utslipp av NO_x i luftsonerområdene fra EURO VI

6.7.3. PM₁₀-generering i luftsonerområdene

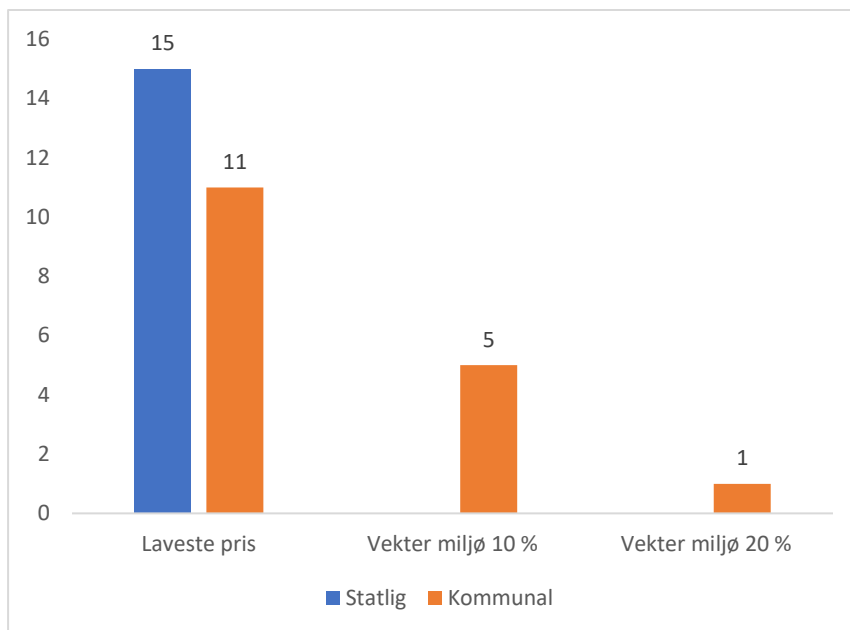
Figur 23 viser generering av PM₁₀ i luftsonerområdene, og utenfor gul og røde soner fra veislitasje. Resultatene, målt i kg PM₁₀ viser at det er desidert størst bidrag til disse partiklene ved levering av pukk fra Bjøndalen pukkverk til Losby asfaltfabrikk og videre til utleggingsområdene (totalt 100 km på vei). De minste bidragene til veislitasje i form av PM₁₀ i gule og røde soner er ved veitransport til frakt av ferdig asfalt fra Sydhavna og til de aktuelle utleggingsområdene.



Figur 23: Utslipp av PM₁₀ i luftsonerområdene

6.8. Analyse av statlige og kommunale anbud

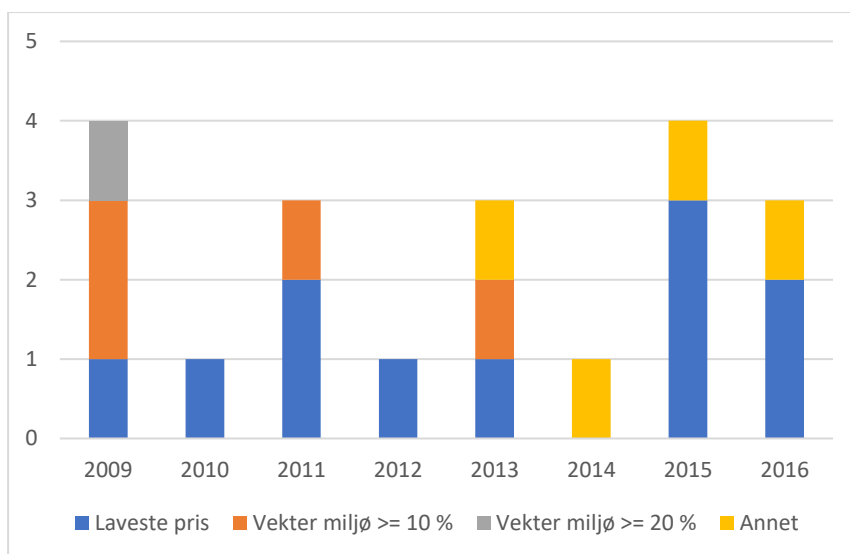
Diagrammet i Figur 24 viser fordeling mellom stat og kommune for 32 innkjøp av asfaltutlegging med hensyn på tre kategorier av krav som er brukt i anbudsdocumentene. Den første kategorien, laveste pris, vektet kun laveste pris og ingen miljøkrav er benyttet. I den andre og tredje kategorien vektet miljø med henholdsvis 10 % og 20 % av samlet vektning i kriteriene. Som diagrammet viser er det ikke satt miljøkrav i noen av de 15 statlige anbudene som gjelder for asfaltering i Oslo. Blant de kommunale anbudene er det i fem av totalt 17 anbudsdocumenter gitt en vektning av miljø på 10 %. Ett kommunalt anbud for asfaltering i Oslo vektet miljø med 20 %.



Figur 24: Fordeling mellom stat og kommune for ulike kategorier av miljøvekting

Videre har jeg undersøkt utviklingen for anbudene over tid fra perioden 2009-2016, som vist i Figur 25. Resultatene viser at det ikke er noen tendens mot økt miljøkrav i anbudene over tid, utviklingen viser heller det motsatte. Det er et interessant funn at de tre siste tre årene er det ikke registrert bruk av miljøkriterier som tildelingskriterium i anbudene.

Videre ser vi at i årene etter 2013 er det heller ingen vekting av miljø for de kommunale anbudene. Det er totalt fem anbud som vekter miljø $\geq 10\%$ og $\geq 20\%$. Totalt elleve anbud knyttet til asfaltproduksjon og vedlikehold har pris eneste som tildelingskriterium.



Figur 25: Utvikling over tid for kommunale anbud

7. Diskusjon

7.1. Usikkerheter i metodikk og datagrunnlag

Et viktig spørsmål når det kommer til metodikk og datagrunnlaget er om dataene er pålitelige. I tillegg er det viktig å avklare om det er blitt gjort riktige avgrensninger i studiet. Avgrensning av systemet må ses i sammenheng med den overordnede tolkningen av case-studiet (Widding 2005). I mitt case-studie har livsløpsperspektivet begrenset seg til å inkludere utslipp fra produksjon og forbrenning av drivstoff. Det kan argumenteres for at det i et livsløpsperspektiv bør inkluderes flere ledd i kjeden for å sette utslippene i en større sammenheng og unngå suboptimering ved beslutninger som følge av at viktige ledd i verdikjeden utelates. Det kunne vært relevant å ta inn beregninger for produksjon, drift og vedlikehold, og sluttavhenging av skipene og kjøretøyene som inngår i systemet, samt produksjon og vedlikehold av asfaltdekket. Begrunnelsen for å utelate dette i mitt case-studie baserer seg imidlertid på at utslippene fra forbruk av fossile drivstoff er betraktelig høyere enn fra produksjon av kjøretøy, og at hovedfokuset er på valg mellom ulike transportsystemer. Dermed er den største andelen av utslippet fra livsløpet inkludert, til tross for at produksjon er utelatt (THEMA Consulting Group 2015).

Det er flere faktorer som avgjør hvor store utslipp det er knyttet til transporten av en vare. Drivstofforbruk, køtid, kjørehastighet og fyllingsgrad er alle viktige faktorer (Fridstrøm & Alfsen 2014). To spesielt avgjørende faktorer når man sammenligner skipstransport og lastebiltransport er den potensielle lastekapasiteten og den reelle kapasitetsutnyttelsen for de to transportmåtene. I tillegg er utnyttelse av returtransport en viktig faktor. Med tanke på at transporttjenestene jeg undersøker i dette studiet er spesialtransport forutsettes det ingen retur-utnyttelse, dvs. tom last ved retur.

Hvis resultatene skulle vært mer realistiske hadde det vært nødvendig med tilgang på reelle strekninger fra de aktuelle asfaltfabrikkene og ut til utleggingsområdene. I tillegg ville informasjon om reelle veivalg og data knyttet til faktisk drivstoff-forbruk og tidsforbruk gitt mer presise resultater. Da dette er data som er vanskelig å få tak i, valgte jeg i denne analysen å basere strekningene på en konkret asfaltkontrakt som Skanska hadde med Statens vegvesen i 2016, se vedlegg 1.

Mange luftforurensningskomponenter medfører de samme negative helseeffektene, og i tillegg virker de sannsynligvis sammen. I denne oppgaven har jeg imidlertid begrenset omfanget av helsepåvirkninger til effekter fra partikler og nitrogenoksider. Det er likevel viktig å være klar over at befolkningen blir utsatt for en rekke forskjellige komponenter samtidig, og følgelig vil helseeffektene som observeres være et resultat av den samlede eksponeringen for luftforurensing. Manglende kunnskap om hvordan de ulike luftforurensningskomponentene påvirker – og virker sammen med hverandre, gjør at det er vanskelig å finne den fulle helseeffekten som dette har på mennesker, spesielt ved lave konsentrasjoner (Folkehelseinstituttet 2015).

Det er viktig å være klar over at ulike beregningsmetoder for transportutslipp kan gi sprik i resultater. I denne oppgaven har jeg brukt databasen Ecoinvent 3.1 i SimaPro. Bruk av andre LCA-verktøy bør gi tilnærmet like resultater dersom samme metodikk og datagrunnlag ligger til grunn. Datagrunnlaget er imidlertid kritisk for resultatene, og ulike datasett kan gi forskjeller i resultater. Det er gjort en studie på forskjellen i resultater ved bruk av Gabi og SimaPro, der man har funnet tilfeller hvor resultatene spriker mellom de to metodene (Herrmann & Moltesen 2015). I denne studien har jeg sett på valg av ulike datasett, og sammenlignet resultater for ulike typer kjøretøy (EURO IV og VI), samt mellom tre ulike datakilder og datasett (DNV GL, NILU/PortsEye og Simapro 8), og ser at valg av datagrunnlag og kjøretøymodell har stor påvirkning på analysene. Her vil det være viktig å bruke relevante datasett som er representerbare for situasjonen som analyseres. Noen av resultatene som er hentet fra Agribalyse-biblioteket i Simapro 8 samsvarer ikke fullstendig med andre funn, blant annet (Weggeberg et al. 2017), der utslippene av PM₁₀ og PM_{2.5} ved forbrenning varierer ikke like mye som mine resultater viste, i sammenligningen mellom drivstofftypene tungolje og marin dieselolje.

Når man skal vurdere påvirkning på lokal luftkvalitet i Oslo fra sjøtransport-etappen som benyttes i dette studiet, er det viktig å kunne skille mellom seiling og landligge. Her er utslipp fra landligge den delen av sjøtransporten som har størst påvirkning i nærområdet der folk bor. Med datagrunnlaget som ligger i SimaPro 8 er det ikke mulig å skille mellom seiling og landligge, og på den måten synliggjøre hvor store utslippene er for de to aktivitetene. Dette hadde vært mulig dersom jeg hadde hatt tilgang til relevante og laget egne prosesskort som hadde splittet opp transporten. Det at det er tungvint å skille mellom seiling og landligge i

SimaPro et viktig funn, som gir usikkerheter i resultatene når det gjelder bidrag til lokal luftforurensning. Med tanke på at datagrunnlaget i Simapro er mindre relevant og ikke presist, har denne metoden vist seg å ikke være like godt egnet for beregning av utslipp fra sjøtransport. Ecoinvent 3.1 er derimot godt egnet for beregning av utslipp fra tunge kjøretøyer, fordi dette biblioteket inneholder et stort utvalg av kjøretøyer med ulik størrelse og EURO-klasse.

Det mest nøyaktige verktøyet for sporing av skip er bruk av Automatic Identification System (AIS)-data. Signalene gir svært nøyaktige posisjoner for skip og tilhørende utslipp (Aksoyoglu et al. 2016). DNV GL har ved bruk av AIS-data kvalitetssikret utslipp fra et skip som er aktuelt for frakt av pukk til Oslo havn.

Når det gjelder metoden som er benyttet for beregning av utslipp fra Kragerø til Oslo havn er det store usikkerheter i resultatene. Dette skyldes at NILU PortsEyes utslippsdata for Oslo havn ikke er spesifikke for hvert enkelt skip, og av den grunn ikke er godt nok egnet til å undersøke spesifikke fartøy.

Sammenligningen av resultatene fra SimaPro 8 og DNV GL kan på mange måter forstås som en sammenligning av henholdsvis teoretiske og reelle utslipp. Som det fremgår av resultatene er det store avvik i de teoretisk beregnede utslippene fra Agribalyse-databasen i SimaPro 8 og de reelle målingene fra DNV GL. Denne forskjellen er viktig å ta i betraktning ved valg av datakilder for utslippsberegninger, spesielt når beslutninger skal tas på bakgrunn av resultatene.

7.2. Diskusjon av resultater og valg av metode

Det er i utgangspunktet utfordringer ved det å sammenligne to helt forskjellige transportmidler som skip og lastebil. Skip bruker mer drivstoff, men har til gjengjeld større lastekapasitet (Fridstrøm & Alfson 2014). En stor feilkilde ved min bruk av dataene i Agribalyse i SimaPro 8 er at sjøtransportens utslipp er basert på tungolje som drivstofftype. Det aktuelle skipet som seiler til Oslo havn for levering av pukk til asfaltproduksjon benytter marin dieselolje som drivstoff, da det seiler innenfor SECA-området som setter krav til utslipp. Deler av de generiske dataene jeg har benyttet i denne oppgaven, og som ligger i

Simapro 8, ikke vært relevante og tilstrekkelige. Dette skyldes at datagrunnlaget i Simapro 8 har tungolje som drivstofftype og ikke har en klar inndeling i transit og landligge for sine utslipp. Jeg har derfor supplert med data fra DNV GL og NILU/PortsEye i denne oppgaven, og presentert avvikene med hensyn på valg av metode.

DNV GL har brukt AIS-data for å undersøke utslipp fra transit (dvs. seiling og manøvrering) og landligge, for seiling fra Tau i Rogaland til Oslo Havn, med marin diesellole som drivstofftype. Det faktum at marin diesellole er lagt til grunn for direkte utslipp er en styrke ved DNV GL-dataene, da dataene jeg har brukt i dette studiet er hentet fra et skip som bruker marin diesellole, og ikke tungolje som drivstoff, som det er forutsatt i datagrunnlaget for SimaPro. Svakheten er at disse dataene kun ser på direkte utslipp (forbrenning), og ikke inkluderer utslipp oppstrøms fra produksjonen av marin diesellole. Til utslipp fra produksjon av marin diesellole har jeg benyttet følgende data fra biblioteket "USL LCI" i Simapro 8: "Transport, ocean freighter, diesel powered/US", og lagt til dette for også å få med utslipp fra produksjon av marin diesellole.

Til tross for at sjøtransportens totalutslipp for en del av indikatorene er høyere enn for scenarier på vei, er det viktig å være klar over at det er utslippene fra landligge som vil ha størst påvirkning på menneskers helse i form av luftforurensning. Utslippene som er hentet fra SimaPro-databasen "Agribalyse": "Transport, sea ship, 5000 DWT, 80%LF, short, empty return/GLO Mass" skiller ikke mellom utslipp fra seiling, manøvrering og landligge. Dette gir mindre presise resultater med tanke på oppsplitting av de ulike fasene for NO_x-og PM-utslipp fra det kombinerte sjø- og veitransportsystemet der disse dataene er brukt.

Resultatene fra anbudsanalysen viser at det er grunn til å diskutere årsaken til at det stilles få miljøkrav i de offentlige innkjøpene av veiprosjekter. Det kan argumenteres for at det er vanskelig å bedømme sjø- og veitransportleveranser med hensyn på luftutslipp når det ikke finnes gode nok verktøy å ta i bruk. Det er av avgjørende betydning at verktøyene er enkle å bruke og gir data av så god kvalitet at miljøkrav kan være et tildelingskriterium i anbudsdokumentene. Dersom transportutslippene i det hele tatt er med som en del av evalueringen ved anbudsprossene, og man bruker SimaPro 8 for å analysere utslippene fra sjøtransporten, er det ikke mulig å synliggjøre utslippene fra landligge. Resultatene som da legges til grunn gir ikke et riktig bilde av bidraget til lokal luftforurensning i Oslo. En annen diskusjon dreier seg om hvorvidt manglende miljøkompetanse kan være en årsak til at det

stilles for lite miljøkrav. Innkjøperne kan for eksempel sette spesifikke krav til miljø ved å stille krav til nyere EURO-klasse for de tunge kjøretøyene. For EURO-klassene viser resultatene at man med den nyeste klassen EURO VI, får svært lave NOx-utslipp sammenlignet med eldre EURO-klassen IV. Dersom innkjøperne mangler relevant miljøkompetanse, risikerer man at slike miljøhensyn ikke blir vektlagt i en anbudsrunder. Like viktig er det at tilbyderne har den nødvendige kompetansen og klarer å dokumentere sine utslipp.

Resultatene fra Nasjonalt beregningsverktøy for luftkvalitet belyser et viktig poeng når det gjelder lokal luftkvalitet. Alle scenariene med kun veitransport som transportsystem gir betydelig større antall kjørte kilometer i enten gule og røde risikosoner, sammenlignet med kombinert sjø- veitransport, med veitransport inn og ut av havna. Dette er et viktig poeng når vi skal se på betydningen av en bynær havn, hvor lokalt utslipp fra sjøtransport hovedsakelig skjer ved landligge, som utgjør en liten andel av utslippene fra hele sjøtransporten. Med utkjøring av asfalt fra Oslo havn reduseres de negative påvirkningene på lokal luftkvalitet. Utslipp fra veitransport av ferdig asfalt fra havna og til utleggingsområdene gir desidert summert færrest antall kjørte kilometer i gule og røde soner. Dette forutsetter at man har en lokal produksjon av asfalt i havna. Sett fra dette perspektivet styrkes havnas bidrag til å redusere de negative effektene av biltrafikken i Oslo sentrum.

Teknologifremgang innenfor målesystemer for luftkvalitet vil være viktig for å gjøre det enklere for blant annet innkjøpere å stille gode miljøkrav i sine anbud. Nye måleinstrumenter vil kunne supplere målinger fra referansestasjonene i byene, slik at man får mer kunnskap om luftkvalitet og bruk av verktøy som kan behandle målingsdata. Slik det er i dag er teknologien riktignok ikke moden nok (Høiskar 2017).

Hovedfokuset i denne oppgaven har vært miljø- og helseaspektene ved transportutslipp. Likevel er det interessant å påpeke aspekter knyttet til økonomi som kan ha stor innvirkning. Pukk er i utgangspunktet et rimelig byggemateriale, men er til gjengjeld dyrt å transportere. Tall fra NGU viser at ved transportavstander på over 30 km vil veitransporten utgjøre en større kostnad enn det som transporteres. Ser man på de totale byggekostnadene, vil dermed store transportavstander utgjøre en betydelig andel av kostnadene (Wolden 2014).

Når det gjelder resultatene med hensyn på lokale utslipp, med unntak av koblingen opp mot Nasjonalt beregningsverktøy for luftkvalitet og grensepunktet for NO_x, har jeg inkludert utslipp fra produksjon og forbrenning. Det kan imidlertid argumenteres for at utslippene knyttet til produksjon av drivstoff ikke vil ha lokale effekter når denne produseres utenfor Oslo-området. Av den grunn er ikke utslippene knyttet til produksjon av diesel for tunge kjøretøyer på vei inkludert i koblingen opp mot Nasjonalt beregningsverktøy for luftkvalitet, som viser NO_x-utslippet i tonn innenfor luftforurensningssonene, samt i beregningen av grensepunktet for NO_x-utslipp.

Når det gjelder resultatenes generaliserbarhet er det viktig å nevne at ett case-studie som metode byr på noen viktige utfordringer. Blant de viktigste er utfordringer knyttet til det å forholde seg til svakhetene ved case-studier. Ved case-studier analyserer man ofte på mikronivå, og det er dermed, på tross av interessante funn, vanskelig å måle generaliserbarheten til studien (Widding 2005).

8. Konklusjon

8.1. Hovedkonklusjoner

I sammenligningen mellom sjø- og veitransport kan det trekkes ulike konklusjoner avhengig av hva hvilke kriterier man legger til grunn. Dersom målet er å unngå ytterligere negativ helsepåvirkning for Oslos befolkning, viser mine funn at det beste transportalternativet er skipstransport til frakt av pukk, med produksjon av asfalt i havna, og videre levering av asfalt på vei. Er målet derimot reduksjon av klimagassutslipp, viser funnene at veitransport er det beste transportalternativet ved transport til asfaltproduksjon og videre transport til utlegging så lenge avstanden fra pukkverk til asfaltfabrikk og videre utlegging er rimelig kort.

Grunnen til at kombinert sjø- og veitransport er det beste alternativet når man legger helserisiko til grunn, skyldes at det i hovedsak er landligge-delen av sjøtransporten som har påvirkning på luftsituasjonen der folk bor. I tillegg utgjør landligge-delen en liten andel av totalutslippene fra sjøtransporten. Med totalutslippene fra sjøtransporten menes det her seiling, manøvrering og landligge.

Overføring av gods fra vei til sjø er et viktig bidrag til reduksjon av klimagasser, men dette alene vil ikke være et tilstrekkelig bidrag til at Norge oppfyller sine klimaforpliktelser. For å nå disse målene må vi for sjøtransporten blant annet gjennom en teknologi- og drivstoffomstilling som sikrer mer miljøvennlig og effektiv transport. Her må det offentlige ta på seg en stor rolle som innkjøpere og eiere av infrastruktur og foretak (Sekretariatet for Nasjonal transportplan 2018 - 2029 2015). Gjennom gode miljøvalg kan de bidra til å styre transportutviklingen i ønsket retning og på den måten ta sin del av ansvaret for at Norge skal nå sine klimamål. For å lykkes er også av avgjørende betydning at kostnadene ved teknologi- og drivstoffomstillingen reduseres. Enovas støtte til blant annet landstrøm for cruiseskipet Color Line i Oslo havn er et eksempel på at overgangen til ny teknologi kan fremskyndes betraktelig med økonomisk støtte.

Slik det fremgår av resultatene må innkjøpere som ønsker å stille miljøkrav i sine anbud foreta en avveining med tanke på hva de ønsker å oppnå. Det må foretas en avveining mellom økt helserisiko og økte globale klimagassutslipp. I anbudssammenheng er det behov for en

grundigere beskrivelse av begrepet "miljø", slik at det i anbudene ligger klare føringer på hva man legger i begrepet. Dette er spesielt viktig når miljø brukes som tildelingskriterium i anbudene.

8.2. Forslag til videre forskning

Det vil være interessant å gjennomføre flere studier på hvor stor påvirkning ulike transportløsninger har på helheten av asfaltprosjekter – sett i et livsløpsperspektiv. Analyser av hvor stor effekten er på luftkvalitet, klima og helse ved overføring av transport fra vei til sjø, er også viktig for å bedre kunnskapsgrunnet til aktuelle beslutningstakere. For å gi et mer helhetlig bilde av den samlede miljøpåvirkningen fra transportmidlene kan det også være hensiktsmessig å inkludere flere miljøkategorier enn det er som dette studiet omfatter.

Med flere og grundigere utslippsanalyser av sjøtransport og veitransport vil man forbedre det eksisterende kunnskapsgrunnet, og dermed kunne ta gode miljøvalg i fremtiden. Det kan være spesielt interessant å gjøre flere analyser på vippepunkter for hver utslippskomponent, der det ene transportsystemet vinner fortrinn over det andre. På denne måten vil det også være enklere for innkjøpere å sette tydelige miljøkrav når det kommer til levering av pukk til asfaltproduksjon og videre levering av ferdig asfalt. Som det fremgår av resultatene i kapittel 6, er det store forbedringspotensialer for Oslo kommune, og spesielt staten når det gjelder bruk av miljøkrav som tildelingskriterium i offentlige anbud.

9. Litteraturliste

- Adam, M., Schikowski, T., Carsin, A. E., Cai, Y., Jacquemin, B., Sanchez, M., Vierkötter, A., Marcon, A., Keidel, D., Sugiri, D., et al. (2015). Adult lung function and long-term air pollution exposure. ESCAPE: a multicentre cohort study and meta-analysis. *European Respiratory Journal*, 45 (1): 38-50.
- Aksoyoglu, S., Baltensperger, U. & Prevot, A. S. H. (2016). Contribution of ship emissions to the concentration and deposition of air pollutants in Europe. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16 (4): 1895-1906.
- Amundsen, H. A. & Hagman, R. (2014). Eurokrav og typegodkjenning av kjøretøy Tilgjengelig fra: <http://www.tiltakskatalog.no/o-1-9.htm> (lest 31.03.2017).
- Askildsen, C. T. & Marskar, E.-M. (2015). NTP Godsanalyse. *Delrapport 1: Kartlegging og problemforståelse*. Tilgjengelig fra: http://www.ntp.dep.no/Nasjonale+transportplaner/2018-2029/Godsprosjektet/_attachment/1003842/binary/1054636?ts=14f9264ba58 (lest 21.03.2017).
- Blonk Agri Footprint BV. (2015). Agri-footprint 2.0 - Part 2: Description of data.
- Bragstad, R., Telle, R., Senstad, P., Statens, v. & Vegdirektoratet Trafikksikkerhet, m.-o. t. (2014). *Miljøeffekter og energireduksjon ved asfalt-produksjon og utlegging : etatsprogram Lavere energiforbruk i Statens vegvesen (LEIV), 2013-2017*, b. Nr. 319. Oslo: Statens vegvesen.
- Dale, E. (2016). Teknologier og tiltak for energieffektivisering av skip, 2016-0511, Rev. A. DNV GL.
- Folkehelseinstituttet. (2015). Luftkvalitetskriterier. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/ml/miljo/luftforurensninger/luftkvalitetskriterier/> (lest 25.11.2016).
- Fridstrøm, L. & Alfson, K. (2014). Veggen mot klimavennlig transport. *Norway's path to sustainable*.
- Fuglestvedt, J. (2016). *Vedlegg Utredning om landbrukets utfordringer i møte med klimanedringene Fagnotat som underlag for arbeidsgruppens hovedrapport*. Klimautordringer», L.-o. m. a. L.
- Hagen, L. O., Larssen, S. & Schaug, J. (2005). Miljøfartsgrense i Oslo. Effekt på luftkvaliteten av redusert hastighet på rv 4., NILU OR, 41/2005. Tilgjengelig fra: <http://www.nilu.no/Default.aspx?tabid=62&ctl=PublicationDetails&mid=764&publicationid=8124> (lest 10.02.2017).
- Herrmann, I. T. & Moltesen, A. (2015). Does it matter which Life Cycle Assessment (LCA) tool you choose? - a comparative assessment of SimaPro and GaBi. *Journal of Cleaner Production*, 86: 163.
- Hjelle, H. M. (2014). Atmospheric Emissions of Short Sea Shipping Compared to Road Transport Through the Peaks and Troughs of Short-Term Market Cycles. *Transport Reviews*, 34 (3): 379-395.
- Holmengen, N. & Fedoryshyn, N. (2015). Utslipp fra veitrafikken i Norge. Statistisk sentralbyrå: Statistisk sentralbyrå.
- Hovland, L. (2016). Ekspertutvalg: Aktive innkjøpsprosesser for å fremme grønn innovasjon. Tilgjengelig fra: <https://www.anbud365.no/ekspertutvalg-aktive-innkjopsprosesser-fremme-gronn-innovasjon/> (lest 20.02.2017).

- Hovland, L. (2017). Stortinget krever vekting av miljø, men fulgte ikke opp selv. Tilgjengelig fra: <https://www.anbud365.no/stortinget-krever-veking-av-miljo-men-fulgte-ikke-opp-selv/> (lest 20.02.2017).
- Høiskar, B. A. K., Sundvor, I. & Vogt, M. (2016). Effekt av lavutslippssoner på luftkvaliteten i Oslo. Utslipps-og spredningsberegninger.
- Høiskar, B. A. K. (2017). *Mikrosensorer - på vei fra leketøy til anerkjent verktøy*. Frokostseminar i CIENS: NILU (26.04.2017).
- Jortveit, A. (2017). #Klimafrokost: Hvordan halvere utslippene fra norsk transport på 13 år? Tilgjengelig fra: <http://energiogklima.no/klimatvno/klimafrokost-hvordan-halvere-utslippene-fra-norsk-transport-pa-13-ar/> (lest 13.02.2017).
- Jære, L. (2016). Fortsatt mål om mer gods til sjø. Tilgjengelig fra: <http://www.kystverket.no/Nyheter/2016/mars/mer-gods-til-sjos/> (lest 20.04.2017).
- Kim, K.-H., Kabir, E. & Kabir, S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International*, 74: 136-143.
- KS Bedrift. (2016). Høring: Nytt krav om miljøhensyn ved offentlig innkjøp. Tilgjengelig fra: <http://www.ksbedrift.no/aktuelt/juridisk-service/hoering-nytt-krav-om-miljoehensyn-ved-offentlig-innkjoep/> (lest 20.02.2017).
- Li, J., Woodward, A., Hou, X.-Y., Zhu, T., Zhang, J., Brown, H., Yang, J., Qin, R., Gao, J., Gu, S., et al. (2017). Modification of the effects of air pollutants on mortality by temperature: A systematic review and meta-analysis. *Science of The Total Environment*, 575: 1556-1570.
- López-Aparicio, S. & Thanh, D. V. (2016). Emission estimates for Norwegian cities. *Norwegian Institute for Air Research*.
- Lyng, K.-A., Rønning, A., Vold, M. & Svanes, E. (2014). Karbonopptak i betong i LCA og EPD, OR.01.14. 48 s.
- Lützenkirchen, S. (2017). *Luftkvalitet i Oslo: Fra måledata til bedre helse*. Frokostseminar i CIENS: Oslo kommune Bymiljøetaten (26.04.2017).
- Løvø, G. (2012). Oslo mangler grus og pukk. Tilgjengelig fra: <http://forskning.no/geofag-verdikjeden/2012/03/oslo-mangler-grus-og-pukk> (lest 02.03.2017).
- Låg, M. (2004). Veidekker: svevestøv og helse: rapport laget på oppdrag fra Statens vegvesen, Vegdirektoratet i samarbeid med Berg-og geoteknikk, NTNU/SINTEF og Avdeling for luftforurensning og støy, Folkehelseinstituttet.
- Mabahwi, N. A. B., Leh, O. L. H. & Omar, D. (2014). Human Health and Wellbeing: Human Health Effect of Air Pollution. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 153: 221-229.
- Madsen, C., Carlsen, K. C. L., Hoek, G., Oftedal, B., Nafstad, P., Meliefste, K., Jacobsen, R., Nystad, W., Carlsen, K.-H. & Brunekreef, B. (2007). Modeling the intra-urban variability of outdoor traffic pollution in Oslo, Norway—A GA2LEN project. *Atmospheric Environment*, 41 (35): 7500-7511.
- Maione, M., Fowler, D., Monks, P. S., Reis, S., Rudich, Y., Williams, M. L. & Fuzzi, S. (2016). Air quality and climate change: Designing new win-win policies for Europe. *Environmental Science & Policy*, 65: 48-57.
- Majewski, W. A. & Burtscher, H. (2013). Measurement of Ambient Diesel Aerosol. Tilgjengelig fra: https://www.dieselnet.com/tech/measure_air.php (lest 09.03.2017).
- Marskar, E.-M., Askildsen, C. T., Presttun, T. & Markussen, G. (2015). *NTP Godsanalyse*. Miljødirektoratet. (2014). Luftkvalitetssoner - rød og gul sone. *Kriterier for gul og rød sone*. Tilgjengelig fra:

- <http://www.miljokommune.no/Temaoversikt/Forurensing/Luftkvalitet/Luftkvalitet-i-arealplanlegging/Luftkvalitetssoner---rod-og-gul-soner/> (lest 19.03.2017).
- Miljøverndepartementet. (2012). *Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging*. miljødepartementet, K.-o. Regjeringen.no.
- Neilson, H. & Lindholt, T. (2017). Faktagrunnlag og HAVs vurdering knyttet til klimastrategien.
- NGU. (2012). Oslo mangler grus og pukk. Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/nyheter/oslo-mangler-grus-og-pukk> (lest 02.03.2017).
- Norges Lastebileier-Forbund. (2016). Veier mot bedre miljøløsninger *Temahefte Miljø*.
- Ormstad, H. & Løvik, M. (2002). Luftforurensning, astma og allergi - betydningen av ulike partikler *Aktuelt problem*. Tilgjengelig fra: <http://tidsskriftet.no/2002/08/aktuelt-problem/luftforurensning-astma-og-allergi-betydningen-av-ulike-partikler> (lest 15.04.2017).
- Oslo kommune. (2016). Klima- og energistrategi for Oslo
Behandlet av Oslo bystyre 22.06.2016 (sak 195/16). Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1356550/Innhold/Politikk%20og%20adm inistrasjon/Etater%20og%20foretak/Klimaetaten/Dokumenter%20og%20rapporter/Klima-%20og%20energistrategi%20for%20Oslo%20NO.pdf>.
- Osloregionen. (2012). Felles strategi for gods og logistikk i Osloregionen. Tilgjengelig fra: http://www.osloregionen.no/wp-content/uploads/proj_2012-05-03_gods-og-logistikk.pdf (lest 15.03.2017).
- PF Samferdsel/NVTF Østlandet. (2017, 15.02.2017). *Godstransport i Norge: Er Oslo det naturlige navet?*, Håndverkeren Kurs og Konferansesenter: Polyteknisk forum for samfunnsdebatt
- Plan- og bygningsetaten. *Fjordbyplanen*
Prinsipper for utvikling av helheten i Fjordbyen og for delområder
Planprogram for Filipstad, Vippetangen og Alnas utløp: Avdeling for Byutvikling.
- Regjeringen. (2016a). Norge har ratifisert Parisavtalen. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/norge-har-ratifisert-parisavtalen/id2505365/> (lest 10.11.2016).
- Regjeringen. (2016b). Nye regler for å kjøpe grønt. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/nye-regler-for-a-kjoepe-gront/id2471894/> (lest 01.02.2017).
- Regjeringen. (2016c). Regjeringens fem prioriterte innsatsområder i klimapolitikken. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/dep/kld/nyheter/2016/norge-vil-raskt-ratifisere-klimaavtalen-fra-paris/regjeringens-fem-prioriterte-innsatsomrader-i-klimapolitikken/id2482882/> (lest 12.11.2016).
- Regjeringen. (2017a). Gjennombrudd for klimaet. *Kronikk av klima- og miljøminister Vidar Helgesen*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/gjennombrudd-for-klimaet/id2537832/> (lest 09.02.2017).
- Regjeringen. (2017b). Meld. St. 33 (2016-2017). *Nasjonal transportplan 2018-2029* (Samferdselsdepartementet).
- Regjeringen. (2017c). *Meld. St. 33 (2016-2017)*
Nasjonal transportplan 2018-2029. Samferdselsdepartementet.
- Rydh, C. J., Lindahl, M. & Tingström, J. (2002). Livscykelanalys - en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster. I: *Livscykelanalys*.

- Røsland, O. (2017). *Epost-kommunikasjon med Senior ingeniør Ove Røsland* (22.02.2017). Sekretariatet for Nasjonal transportplan 2018 - 2029. (2015). *Pressemelding*. Ny kunnskap om godstransport. ntp.dep.no: Nasjonal transportplan 2018 - 2029.
- Solbakken, C. F. (2015). Kartlegger luften i hele Norge. Tilgjengelig fra: <http://www.nilu.no/Nyhetsarkiv/tabid/74/CategoryId/102/NewsId/698/Kartlegger-luften-i-hele-Norge.aspx> (lest 16.02.2017).
- Solbakken, C. F. (2017). Hvorfor er lufta så dårlig i dag? Tilgjengelig fra: <http://forskning.no/2016/12/hvorfor-er-lufta-sa-darlig-i-dag/produsert-og-finansiert-av/nilu> (lest 02.03.2017).
- Statens vegvesen. (2008). Reduksjon av transportomfang og klimagassutslipp. *Forslag til strategi til handlingsprogram 2010 -19*.
- Stoltenberg, C. (2015). kohortstudie. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kohortstudie> (lest 01.05.2017).
- THEMA Consulting Group. (2015). Incentiver for miljøvennlige busser og lastebiler. *THEMA Rapport 2015- 01*.
- Tønnesen, D. A. (2015). Nasjonalt beregningsverktøy - AP5. *Tettsteder og industri, metodebeskrivelse*: NILU - Norsk institutt for luftforskning.
- Tørnkvist, K. (2017). *Fra Finnmark til Frankrike: Felles måling av luftkvalitet*. Frokostseminar i CIENS: NILU/Nasjonalt referanselaboratorium for luft (26.04.2017).
- Tørnkvist, K. K. (2017). Slik måles luftkvalitet i dag: Hva, hvor og hvorfor? «*Det er noe i luften: Nye målemetoder, nye muligheter - nye utfordringer?*». Tilgjengelig fra: <http://www.nilu.no/Default.aspx?tabid=62&ctl=PublicationDetails&mid=764&publicationid=29522> (lest 13.02.2017).
- Von Schneidemesser, E., Monks, P. S., Allan, J. D., Bruhwiler, L., Forster, P., Fowler, D., Lauer, A., Morgan, W. T., Paasonen, P. & Righi, M. (2015). Chemistry and the linkages between air quality and climate change. *Chemical reviews*, 115 (10): 3856-3897.
- Weggeberg, H., Stenersen, D., Keskitalo, T., Järvinen, E., Sturtz, T. M., Polley, D. A. & Brashers, B. (2017). Utslipp til luft og sjø fra skipsfart i fjordområder med stor cruisetraffikk
- Kartlegging og forslag til tiltak. Sjøfartsdirektoratet.
- Widding, L. Ø. (2005). *Case som metode. Hovedutfordringer knyttet til ulike forskningsdesign når hensikten er å generalisere*: Unpublished.
- Wolden, K. (2014). Grunnlagsmateriale for regional plan for masseforvaltning i Akershus fylke. *NGU-rapport 2014.018*. Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/publikasjon/grunnlagsmateriale-regional-plan-masseforvaltning-i-akershus-fylke> (lest 04.02.2017).

Vedlegg 1 Tabelloversikt over asfalteringer i Oslo i 2016

Tabelloversikt over asfalteringer i Oslo i 2016, Skanska Asphalt AS

Asfaltering riksveger i Oslo 2016								13.03.2016
Veg	FraHp	FraM	TilHp	TilM	Kjørefelt	Lengde (m)	Sted (fra - til)	Tiltak
EG6	202	5 629	202	5 929		280	G/S Vei Furuset-Karihaugen	GS-veg
E6	2	0	2	7 495	3	7 495	Alnabru - bygrense, venstre midtfelt utg.	Asfaltering
E6	2	0	2	4 980	6	4 980	Rv.159/Ev.6 - Alnabru,høyre midtfelt inng.	Asfaltering
E6	2	3 037	2	4 034		997	Fra Jerikoveien til påkjøring Furuset, bankett utg.	Asfaltering
E6	51	183	51	2 057		1 874	Fra Hellsfyr til Alnabru bussfelt utg.	Asfaltering
E6	70	41 000	70	41 165	1	165	Påkjøringsrampe fra Konowgate inn i Svartdalstunnelen,mot R	Asfaltering
E6	74	12 254	74	12 370		116	Mellom rkj. ovenpå innløpet til Vålerengatunnelen v/ Etterstad	Asfaltering
E6	75	21 440	75	21 609		156	Påkjøringsrampe Lodalen-Ev 6 Vålerengatunnelen	Asfaltering
E6	75	32 000	75	32 161		153	Avkjøringsrampe Operatunnel-Lodalen	Asfaltering
E6	79	12 316	410	63		316	Ramper og rundkjøring i Skulleruddumpa under E6	Asfaltering
E6	90	12 014	90	12 532		518	Avkjøringsrampe mot Jerikoveien	Asfaltering
E6	90	21 000	90	21 677		677	Påkjøringsrampe fra Furuset, inng.	Asfaltering
E6	90	23 000	90	23 603		603	Påkjøringsrampe fra Furuset skole, over E6, utg.	Asfaltering
E6	90	31 000	90	31 311		311	Vei mellom to ramper ved Furuset skole,	Asfaltering
E6	92	23 000	92	23 470		458	Påkjøringsrampe ifra Starveien-Ev 6 utg.	Asfaltering
E6	95	31 000	95	31 685		685	Avkjøring- påkjøringsrampe ved Esso st. Alnabru, inng.	Asfaltering
E18	400	0	400	76	1	76	Rundkjøring ved utløpet Ekeberg tunnelen ved gml. Mosseveien	Asfaltering
RG4	3	4 145	3	4 600		455	G/S Vei Lunden-Linderud	GS-veg
RG4	203	8 437	203	11 405		2 968	G/S Vei Grorud-Bånkall	GS-veg
RG150	1	8 900	1	9 700		492	G/S Vei Holmenvn.-Smedstad	GS-veg
RG163	1	5 654	1	6 110		379	G/S Vei i fra avkjøring Grorudvn.- Grorudvn utg.	GS-veg
RV4	3	1 260	3	7 671	3	6 411	Sinsen - Grorud, høyre felt utg.	Asfaltering
RV4	81	13 008	81	13 666		658	Rampe avkjøring- påkjøring Aker sykehus	Asfaltering

Asfaltering riksveger i Oslo 2016								13.03.2016
Veg	FraHp	FraM	TilHp	TilM	Kjørefelt	Lengde (m)	Sted (fra - til)	Tiltak
RV4	82	12 000	82	12 231		231	Avkjøringsrampe mot Bjerke, utg.	Asfaltering
RV4	82	23 000	82	23 261		261	Påkjøringsrampe fra Bjerke, utg.	Asfaltering
RV4	83	12 011	83	12 297		286	Avkjøringsrampe Linderud utg.	Asfaltering
RV4	83	23 009	83	23 208		199	Påkjørings rampe Linderud utg.	Asfaltering
RV4	84	34 000	84	34 363		352	Avkjøringsrampe mot Kaldbakken, inng.	Asfaltering
RV4	84	43 000	84	43 201		187	Påkjøringsrampe fra Kaldbakken, utg.	Asfaltering
RV4	85	12 000	85	12 546		546	Avkjøringsrampe mot Ammerud T-bane, utg.	Asfaltering
RV4	85	21 000	85	21 222		222	Påkjøringsrampe fra Ammerud T-bane, inng.	Asfaltering
RV4	85	23 000	85	23 510		510	Påkjøringsrampe fra Ammerud T-bane, utg.	Asfaltering
RV4	85	32 000	85	32 238		238	Avkjøringsrampe mot Ammerud T-bane, inng.	Asfaltering
RV4	86	21 000	86	21 203		203	Påkjøringsrampe fra rundkjøring Grorud, inng.	Asfaltering
RV4	86	23 000	86	23 290		290	Påkjøringsrampe fra Grorudveien, bak bensinst. utg.	Asfaltering
RV4	86	32 000	86	32 227		227	Avkjøringsrampe mot rundkjøring Grorud, inng.	Asfaltering
RV4	88	21 000	88	21 204		204	Påkjøringsrampe fra Rødtvedtveien, inng.	Asfaltering
RV4	88	32 000	88	32 165		165	Avkjøringsrampe mot Rødtvet/ Kakkelovnskroken, inng.	Asfaltering
RV4	89	14 000	89	14 128		128	Avkjøringsrampe mot Fossumveien, utg.	Asfaltering
RV150	88	21 000	88	21 160		160	Påkjøringsrampe fra Slemdalsveien, østg	Asfaltering
RV150	90	32 000	90	32 367		367	Avkjøringsrampe mot Monolltveien, Smedstad, østg.	Asfaltering
RV150	91	21 000	91	32 228		459	Av og på kjøringsramper ved Shell st. Bekkefaretrvn., østg	Asfaltering
RV150	92	21 000	92	21 475		475	Påkjøringsrampe fra rkj. Ullernchaussen, østg.	Asfaltering
RV150	93	12 000	93	12 455		455	Avkjøringsrampe mot O-kjøring Mustadlokke, vestg.	Asfaltering
RV150	93	12 483	93	12 597		114	Rampe rkj. Mustad-Lillakervn.	Asfaltering
RV150	93	21 000	93	21 209		209	Påkjøringsrampe fra O-kjøring Mustadlokke, østg.	Asfaltering

Asfaltering riksveger i Oslo 2016								13.03.2016	
Veg	FraHp	FraM	TilHp	TilM	Kjørefelt	Lengde (m)	Sted (fra - til)	Tiltak	
RV150	93	23 000	93	23 399		399	Påkjøringsrampe ifra Mustadkrysset, vestg.	Asfaltering	
RV150	93	32 000	93	32 225		225	Avkjøringsrampe til Mustadkrysset, østg.	Asfaltering	
RV150	409	0	409	59		59	Rundkjøring under Rv 150 ved Rikshospitalet, østg	Asfaltering	
RV150	411	0	411	89		89	Rundkjøring ved Ullernschausseen	Asfaltering	
RV150	424	0	424	86		86	Rundkjøring Mustad	Asfaltering	
RV159	1	10 000	1	11 050	1	1 050	Bygrense Rv 159 - Ev 6 inng.	Asfaltering	

Pkt *) nr	Fylke nr	Kat.	St.	Veg nr	Fra			Til			Felt nr	Sted fra-til	Lengde m	Bredde m	Siltelag m2	Tiltak navn	Siltelag type	Forbruk kg/m2	Siltelag tonn	Fresing m2 ***
					HP	m	HP	m	HP	m										
1	3	E	G	6	202	5 753	202	5 926				G/S vei Furuset-Karihaugen	172	3,89	669	Siltelag	Ab 8	120	80	101
2	3	E	V	6	2	0	2	7 495	3			Ainabu - Bygrense	5 113	4,19	21 422	Siltelag	Ska 16 PMB	111	2 369	21 422
3	3	E	V	6	2	0	2	4 980	6			RV 159 - Ainabu	4 980	3,96	19 726	Siltelag	Ska 16 PMB	110	2 178	19 726
4	3	E	V	6	2	3 200	2	3 787	8			Fra Jerkovielen - Påkjøring Furuset	587	3,80	2 231	Siltelag	Ab 11 PMB	93	207	2 231
5	3	E	V	6	51	148	51	2 026	K			Fra Helsefyrt til Ainabu	2 026	4,25	8 603	Siltelag	Ab 11 PMB	93	797	8 603
6	3	E	V	6	70	41 000	70	41 172				Påkjøringsrampe fra Konowgate-Svartdalsstunnelen	172	5,99	1 030	Siltelag	Ab 11 PMB	94	97	1 030
7	3	E	V	6	74	12 264	74	12 365				Mellom rkj. ovenpå innløpet til Vålerengatunnelen	253	11,82	2 990	Siltelag	Ab 11 PMB	90	269	2 990
8	3	E	V	6	75	21 459	75	21 626				Påkjøringsrampe Lodalen-Ev 6 Vålerengatunnelen	167	5,20	868	Siltelag	Ab 11 PMB	89	77	868
9	3	E	V	6	75	32 018	75	32 157				Avkjøringsrampe Operatunnelen-Lodalen	148	6,60	977	Siltelag	Ab 11 PMB	90	88	977
10	3	E	V	6	79	12 331	79	12 331				Ramper og rundkjøring i Skuleruddumpa	240	13,45	3 228	Siltelag	Ab 11 PMB	92	297	3 228
11	3	E	V	6	90	12 093	90	12 522				Avkjøringsrampe mot Jerkovielen	429	4,72	2 024	Siltelag	Ab 11 PMB	95	193	2 024
12	3	E	V	6	90	21 013	90	21 351				Påkjøringsrampe fra Furuset	338	6,00	2 028	Siltelag	AB 11 PMB	102	207	2 028
13	3	E	V	6	90	23 015	90	23 664				Påkjøringsrampe fra Furuset skole	649	4,56	2 962	Siltelag	Ab 11	99	293	2 962
14	3	E	V	6	90	30 007	90	31 305				Vei mellom to ramper ved Furuset skole	297	5,20	1 543	Siltelag	AB 11 PMB	87	134	1 543
15	3	E	V	6	92	23 015	2	6 645				Påkjøringsrampe fra Starveien	580	5,40	3 132	Siltelag	Ab 11 PMB	109	340	3 132
16	3	E	V	6	95	30 973	95	31 716				Avkjøring-påkjøringsrampe ved Esso st. Ainabu	671	4,93	3 306	Siltelag	Ab 11 PMB	100	330	3 306
17	3	E	V	18	400	0	400	88				Rundkjøring ved utløpet Ekeberg tunnelen.	88	14,92	1 313	Siltelag	Ab 11 PMB	106	139	1 313
18	3	R	G	4	3	4 175	3	4 598				G/S vei Lunde-Linderud	360	3,29	1 186	Siltelag	Ab 8	131	155	
19	3	R	G	4	203	8 437	203	11 405				G/S vei Grorud-Bankall	2 968	0,00		Siltelag				
20	3	R	G	150	1	8 910	1	9 696				G/S vei Holmenvelen-Smedstad	483	3,73	1 800	Siltelag	Ab 8	147	264	1 800
21	3	R	G	163	150	1	6017	6 110				G/S vei ifra avkjøring Grorudveien-Grorudveien utg	489	3,32	1 622	Siltelag	Ab 8	127	207	
22	3	R	V	4	3	1 260	1	7 762				Sinsen-Grorud	6 881	4,15	28 590	Siltelag	Ska 11 PMB	92	2 643	28 590
23	3	R	V	4	81	13 000	81	13 690				Rampe avkjøring-påkjøring Aker sykehus	690	4,60	3 174	Siltelag	Ska 11 PMB	92	293	3 174
24	3	R	V	4	82	11 957	82	12 225				Avkjøringsrampe mot Bjerke	255	4,60	1 173	Siltelag	Ska 11 PMB	78	91	1 173
25	3	R	V	4	82	23 001	82	23 293				Påkjøringsrampe fra Bjerke	292	4,60	1 343	Siltelag	Ska 11 PMB	80	108	1 343
26	3	R	V	4	83	12 117	83	12 295				Avkjøringsrampe Linderud	178	5,70	1 015	Siltelag	Ska 11 PMB	95	91	1 015
27	3	R	V	4	83	23 012	83	23 206				Påkjøringsrampe Linderud	194	5,70	1 106	Siltelag	Ska 11 PMB	92	102	1 106
28	3	R	V	4	84	34 000	84	34 353				Avkjøringsrampe mot Kaldbakken	353	5,00	1 765	Siltelag	Ska 11 PMB	93	164	1 765
29	3	R	V	4	84	43 000	84	43 200				Påkjøringsrampe fra Kaldbakken	200	5,00	1 000	Siltelag	Ska 11 PMB	92	92	1 000
30	3	R	V	4	3	7 011	85	23 350				Avkjøringsrampe mot Ammerud	150	9,77	1 466	Siltelag	Ska 11 PMB	87	128	1 466
31	3	R	V	4	85	21 009	85	21 223				Påkjøringsrampe fra Ammerud. Inng.	214	5,00	1 070	Siltelag	Ska 11 PMB	90	96	1 070
32	3	R	V	4	85	23 350	85	23 180				Påkjøringsrampe fra Ammerud	170	6,00	1 020	Siltelag	Ska 11 PMB	88	90	1 020
33	3	R	V	4	85	31 990	85	32 226				Avkjøringsrampe mot Ammerud. Inng.	236	4,50	1 062	Siltelag	Ska 11 PMB	90	95	1 062
34	3	R	V	4	86	21 021	3	7 863				Påkjøringsrampe fra rundkjøring Grorud. Inng.	183	4,50	824	Siltelag	Ab 11 PMB	108	89	824
35	3	R	V	4	86	23 015	86	23 262				Påkjøringsrampe fra Grorudveien	247	4,75	1 173	Siltelag	Ska 11 PMB	90	106	1 173
36	3	R	V	4	3	8 175	86	32 220				Avkjøringsrampe mot rundkjøring Grorud. Inng.	247	4,40	1 086	Siltelag	Ab 11 PMB	99	108	1 086
37	3	R	V	4	88	21 023	3	5 587				Påkjøringsrampe fra Rødvedt. Inng.	196	5,00	980	Siltelag	Ska 11 PMB	91	89	980
38	3	R	V	4	84	41 234	88	32 151				Avkjøringsrampe mot Rødvedt. Inng.	499	4,30	2 146	Siltelag	Ska 11 PMB	89	190	2 146
39	3	R	V	4	89	14 001	89	14 082				Avkjøringsrampe mot Fossumveien	81	4,60	373	Siltelag	Ska 11 PMB	99	37	373
40	3	R	V	150	88	41 017	810	31 175				Påkjøringsrampe fra Slemdalsveien	425	5,10	2 168	Siltelag	Ab 11 PMB	94	204	2 168
41	3	R	V	150	90	32 000	90	32 383				Avkjøringsrampe mot Monolittveien	383	6,60	2 528	Siltelag	Ab 11 PMB	92	233	2 528
42	3	R	V	150	91	21 016	91	32 228				Av og påkjøringsrampe ved Shell st. Bekkefaretn.	469	4,50	2 111	Siltelag	Ab 11 PMB	96	203	2 111
43	3	R	V	150	92	21 012	92	21 475				Påkjøringsrampe fra rkj Ullernschausseen	463	4,72	2 184	Siltelag	Ab 11 PMB	89	194	2 184
44	3	R	V	150	93	12 300	93	12 456				Avkjøringsrampe mot rkj Mustadokket	455	0,00		Siltelag				
45	3	R	V	150	93	12 483	93	12 588				Rampe rkj Mustad-Lilakervn.	105	11,80	1 239	Siltelag	Ab 11 PMB	86	107	1 239
46	3	R	V	150	93	21 000	93	21 208				Påkjøringsrampe fra rkj Mustadokket. Østg.	209	0,00		Siltelag				
47	3	R	V	150	93	23 000	93	23 399				Påkjøringsrampe fra Mustadkrysset	399	0,00		Siltelag				
48	3	R	V	150	93	32 000	93	32 225				Avkjøringsrampe til Mustadkrysset. Østg.	225	0,00		Siltelag				
49	3	R	V	150	409	0	409	100				Rundkjøring under Rv 150 ved Rikshospitalet	100	12,60	1 260	Siltelag	Ab 11 PMB	102	128	1 260
50	3	R	V	150	411	0	411	89				Rundkjøring ved Ullernschausseen	89	12,00	1 068	Siltelag	Ab 11 PMB	82	88	1 068
51	3	R	V	150	424	0	424	86				Rundkjøring Mustad	86	11,17	961	Siltelag	Ab 11 PMB	91	87	961
52	3	R	V	159	1	10 003	1	11 050	1			Bygrensa rv 159-Ev 6 inng.	1 047	4,31	4 511	Siltelag	Ska 16 PMB	112	507	4 511

Vedlegg 2 Tabelloversikt for avstandsberegninger

Bakgrunnsdata: Skanska-kontrakt for asfaltering (Statens vegvesen) fra eget Excel-oppsett

Sted	Totalavstand med Pukk		Bjørn-Losby (tonnk)		Haykvalitetstein		Bjørn-Lier (tonnk)		Bjørn-Bliskall (tonnk)		Bjønd-Huken (tonnk)		Haykvalitet		Lier-Losby (tonnk)		Lier-Lier (tonnk)		
	Bjøndalen - Losby	Mengde (tonn) * to	Bjøndalen - Lier	Mengde (tonn) * to	Bjøndalen - Blisk	Mengde (tonn) * to	Bjøndalen - Høker	Mengde (tonn) * to	Lier - Losby	Mengde (tonn) * to	Lier - Lier	Mengde (tonn) * to	Lier - Bliskall	Mengde (tonn) * to	Lier - Lier	Mengde (tonn) * to	Lier - Bliskall	Mengde (tonn) * to	
1 Furuset - Karibaugen	21.0	1752	107,3	8584	13,3	1064	16,8	1344	56,2	4496	60	4800	56,7	4536	60	4800	56,7	4536	
2 Alnabu - bygrense	26.0	63726,1	105	248745	12,9	30560,1	14,9	35298,1	61,2	144982,8	57,7	136691,3	56,3	125670,6	57,7	136691,3	56,3	125670,6	
3 Rv. 150/Ev.6 - Alnabu	26.0	58588,2	105	228690	12,9	28066,2	14,9	32452,2	61,2	133293,6	57,7	125670,6	56,3	125670,6	57,7	136691,3	56,3	125670,6	
4 Jerkoveien - Furuset	26.1	5402,7	106,3	22004,1	10,8	2235,6	13,2	2732,4	60,4	12502,8	59	12213	56,3	12502,8	59	12213	56,3	12502,8	
5 Høyfyr - Alnabu	26.9	21479,7	105	83685	12,9	10281,3	14,9	11875,3	61,2	48776,4	57,7	45986,9	56,3	45986,9	57,7	45986,9	56,3	45986,9	
6 Krossogate i Svarthåls	32.6	3162,2	98	9506	18,5	1794,5	20,5	1988,5	64,0	6489,3	50,7	4017,9	61,0	4917,9	50,7	4017,9	61,0	4917,9	
7 Villieringstunnelen v/ E	30.6	8231,4	98,9	26604,1	16,5	4438,5	18,4	4949,6	64,9	17458,1	51,6	13800,4	59,0	13800,4	51,6	13800,4	59,0	13800,4	
8 Lodalen - Ev 6 Villere	30.6	2356,2	98,9	16150,3	16,5	1270,5	18,4	1416,8	64,9	4997,3	51,6	3973,2	59,0	3973,2	51,6	3973,2	59,0	3973,2	
9 Operstunnelen - Lodalen	32	2816	98,2	8641,6	17,9	1572,2	19,9	1751,2	66,3	5834,4	50,9	4479,2	61,3	4479,2	50,9	4479,2	61,3	4479,2	
10 Skulleruddampa under f	37.9	11256,3	103,5	30739,5	20,9	6207,3	22,9	6801,3	72,2	21443,4	56,2	16691,4	64,3	16691,4	56,2	16691,4	64,3	16691,4	
11 Jerkoveien	24.3	4689,9	105,4	20342,2	12,1	2335,3	14,5	2798,5	58,6	11309,8	58,1	11213,3	55,5	11213,3	58,1	11213,3	55,5	11213,3	
12 Furuset	23.8	4926,6	110,3	22832,1	14,7	3042,9	18,6	3850,2	58,1	12026,7	63	13041	58,1	13041	63	13041	58,1	13041	
13 Furuset skole over E6	24.4	7149,2	105,6	30940,8	12,4	3633,2	14	4102	58,7	17199,1	58,3	17081,9	55,8	17081,9	58,3	17081,9	55,8	17081,9	
14 Furuset skole	24.4	3269,6	105,6	14150,4	12,4	1661,6	14	1876	58,7	7865,8	58,3	7812,2	55,8	7812,2	58,3	7812,2	55,8	7812,2	
15 Starveien - Ev 6 utg.	23.7	8058	110,2	37468	10,7	3638	12,6	5984	58	19720	62,9	21386	54,1	21386	62,9	21386	54,1	21386	
16 Eno Alnabu	27.7	9141	102,4	33792	12,9	4257	14,9	4917,2	67	20460	55,1	18183	56,3	18183	55,1	18183	56,3	18183	
17 Ekkebergstunnelen ved gr	33.2	4614,8	96,9	13469,1	19,2	2668,8	21,1	2932,9	67,5	9382,5	49,6	6894,4	62,6	6894,4	49,6	6894,4	62,6	6894,4	
18 Lunden - Linderud	30.5	4727,5	103	15965	11	1705	13	2015	64,8	10044	55,7	8633,5	54,4	8633,5	55,7	8633,5	54,4	8633,5	
19 Geosud - Bliskall	28.0	0	108,9	0	4,8	0	19,3	0	63,2	0	61,4	0	48,3	0	48,3	0	48,3	0	48,3
20 Holmenavn. Smeestad	42.5	11220	92,1	24314,4	25,1	6626,4	27	7128	76,8	20275,2	44,8	11827,2	68,5	11827,2	44,8	11827,2	68,5	11827,2	
21 Geosudvn. Geosudvn ut	26.7	5526,9	107,1	22169,7	9,4	1945,8	11,8	2442,6	61	12627	59,8	12378,6	52,8	12378,6	59,8	12378,6	52,8	12378,6	
22 Simsen - Geosud	28	74004	106,2	280686,6	7,7	20351,1	10,3	27222,9	62,3	164658,9	58,9	155672,7	51,1	155672,7	58,9	155672,7	51,1	155672,7	
23 Aker sykkelbus	32.7	9581,1	101,9	29856,7	13,3	3896,9	15,2	4453,6	67	19631	54,6	15997,8	56,7	15997,8	54,6	15997,8	56,7	15997,8	
24 Bjørke	30.6	2784,6	101,2	9209,2	12,7	1155,7	14,7	1337,7	64,9	5905,9	53,9	4904,9	56,1	4904,9	53,9	4904,9	56,1	4904,9	
25 Bjørke	30.6	3304,8	101,2	10929,6	12,7	1371,6	14,7	1587,6	64,9	7009,2	53,9	5821,2	56,1	5821,2	53,9	5821,2	56,1	5821,2	
26 Linderud	30.5	2775,5	103	9373	11	1601	13	1183	64,8	5896,8	55,7	5268,7	54,4	5268,7	55,7	5268,7	54,4	5268,7	
27 Linderud	30.5	3111	103	10506	11	1122	13	1326	64,8	6699,6	55,7	5681,4	54,4	5681,4	55,7	5681,4	54,4	5681,4	
28 Kaldhøkken	29.4	4821,6	106,1	17490,4	8,8	1442,2	10,7	1754,8	63,7	10446,8	58,8	9643,2	52,2	9643,2	58,8	9643,2	52,2	9643,2	
29 Kaldhøkken	29.4	2704,8	106,1	9761,2	8,8	809,6	10,7	984,4	63,7	5860,4	58,8	5409,6	52,2	5409,6	58,8	5409,6	52,2	5409,6	
30 Ammerud t-bane	29	3712	105,7	13259,4	8,4	1075,2	10,2	1305,6	63,3	8102,4	58,4	7475,2	51,8	7475,2	58,4	7475,2	51,8	7475,2	
31 Ammerud t-bane	29	2784	105,7	10147,2	8,4	806,4	10,2	979,2	63,3	6076,8	58,4	5606,4	51,8	5606,4	58,4	5606,4	51,8	5606,4	
32 Ammerud t-bane	29	2610	105,7	9513	8,4	756	10,2	918	63,3	5697	58,4	5256	51,8	5256	58,4	5256	51,8	5256	
33 Ammerud t-bane	29	2755	105,7	10041,5	8,4	798	10,2	969	63,3	6013,5	58,4	5548	51,8	5548	58,4	5548	51,8	5548	
34 Geosud	28	2492	106,2	9451,8	7,7	685,3	10,3	916,7	62,3	5544,7	58,9	5242,1	51,1	5242,1	58,9	5242,1	51,1	5242,1	
35 Geosudveien	26.7	2830,2	107,1	11352,6	9,4	996,4	11,8	1250,8	61	6466	59,8	6338,8	52,8	6338,8	59,8	6338,8	52,8	6338,8	
36 Geosud	28	3024	106,2	11469,6	7,7	831,6	10,3	1112,4	62,3	6728,4	58,9	6361,2	51,1	6361,2	58,9	6361,2	51,1	6361,2	
37 Radtvedveien	28.1	2500,9	105,2	9362,8	9,7	863,3	11,7	1041,3	62,4	5553,6	57,9	5153,1	53,1	5153,1	57,9	5153,1	53,1	5153,1	
38 Radtved/Kakkelovnako	29.4	5586	105,5	20045	9,9	1881	11,9	2261	63,7	12103	58,2	11088	53,3	11088	58,2	11088	53,3	11088	
39 Fossumveien	29.1	1076,7	107,1	3962,7	9,1	336,7	11,5	425,5	63,4	2345,8	59,8	2212,6	52,5	2212,6	59,8	2212,6	52,5	2212,6	
40 Slendalsveien avg	37	7548	94	19176	19,6	3998,4	21,6	4406,4	71,3	14545,2	46,7	9526,8	63	9526,8	46,7	9526,8	63	9526,8	
41 Monolittveien Smeestad	39.1	9110,3	91,9	21412,7	21,6	5032,8	23,7	5522,1	73,4	17102,2	44,6	10391,8	65	10391,8	44,6	10391,8	65	10391,8	
42 Shell Bekkefareten	40.7	8262,1	90,4	18351,2	23,3	4729,9	25,3	5135,9	75	15225	43,1	8749,3	66,7	8749,3	43,1	8749,3	66,7	8749,3	
43 Ullemassauen avg	40.4	7837,6	90,8	17615,2	23	4462	25	4850	74,7	14491,8	43,5	8439	66,4	8439	43,5	8439	66,4	8439	
44 Mastallikket, vestg	42.7	0	89,5	0	25,4	0	20,7	0	79	0	40,2	0	68,8	0	40,2	0	68,8	0	68,8
45 Mastad - Lillakervn.	42.7	4568,9	89,4	9565,8	25,4	2717,8	27,4	2931,8	77	8239	42,1	4504,7	68,8	4504,7	42,1	4504,7	68,8	4504,7	
46 Mastallikket	42.7	0	89,5	0	25,4	0	20,7	0	79	0	40,2	0	68,8	0	40,2	0	68,8	0	68,8
47 Mastallikket, vestg	42.7	0	89,5	0	25,4	0	20,7	0	79	0	40,2	0	68,8	0	40,2	0	68,8	0	68,8
48 Mastallikket, vestg	42.7	0	89,5	0	25,4	0	20,7	0	79	0	40,2	0	68,8	0	40,2	0	68,8	0	68,8
49 Rv 150 ved Rikskorset	36.2	4633,6	95	12160	18,9	2419,2	20,9	2675,2	70,5	9024	47,7	6105,6	62,3	6105,6	47,7	6105,6	62,3	6105,6	
50 Rundkjøring ved Ullem	40.4	3552,2	90,8	7990,4	23	3024	25	2200	74,7	6573,6	43,5	3828	66,4	3828	43,5	3828	66,4	3828	
51 Rundkjøring Mastad	42.7	3714,9	89,5	7786,5	25,2	2192,4	27,3	2375,1	77	6699	42,2	3671,4	68,6	3671,4	42,2	3671,4	68,6	3671,4	
52 Bygrense Rv 150 - Ev 6	26.5	13435,5	107,6	54553,2	14,5	7351,5	16,9	8568,3	60,8	30825,6	60,3	30572,1	57,9	30572,1	60,3	30572,1	57,9	30572,1	
Sum	1646,00	437178,20	5259,80	1565467,80	766,30	194146,20	887,50	228349,90	3429,60	954559,40	2800,20	851994,60	3023,10	851994,60	2800,20	851994,60	3023,10	851994,60	
Gjennomsnitt	35,02	111,91	111,91	16,30	16,30	18,88	18,88	72,07	59,58	59,58	64,32	64,32	64,32	64,32	59,58	59,58	64,32	64,32	
Vektet snitt (km)	28,98	103,78	103,78	12,87	12,87	15,14	15,14	63,28	56,48	56,48	56,27	56,27	56,27	56,27	56,48	56,48	56,27	56,27	

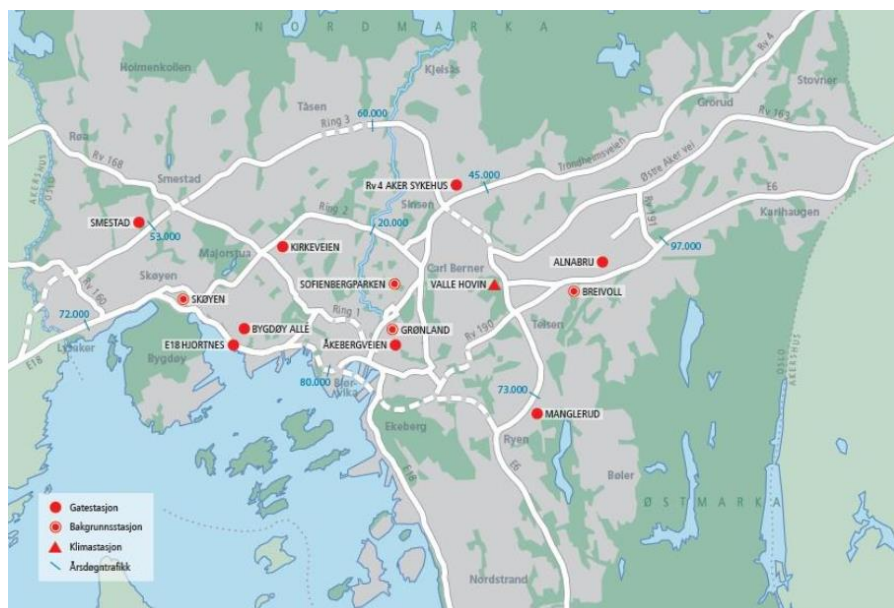
Vedlegg 3 Tabelloversikt over kjøring i luftforurensningssoner

Bakgrunnsdata for kjørte kilometer i gule og røde soner fra Excel-oppsett

Sted	Antall km	Antall ganger	Gul sone				Rød sone			
			Filipstad	Bjøn-Lost	Lier-Lier	Bjøn-Lier	Filipstad	Bjøn-Lost	Lier-Lier	Bjøn-Lier
Furuset- Karihaugen		1	11 %	31 %	24 %	23 %	62 %	23 %	50 %	43 %
Alnabru - bygrense		4	26 %	23 %	24 %	24 %	56 %	37 %	48 %	42 %
Jerikoveien - Furuset		5	13 %	23 %	22 %	24 %	58 %	29 %	49 %	42 %
Konowsgate i Svartdaltunnelen		1	24 %	24 %	18 %	20 %	30 %	36 %	52 %	45 %
Vålerengatunnelen v/ Etterstad		2	24 %	19 %	18 %	24 %	37 %	41 %	52 %	41 %
Operatunnelen - Lodalen		1	27 %	19 %	19 %	20 %	35 %	41 %	52 %	45 %
Skulleruddumpa under E6		1	15 %	26 %	17 %	19 %	17 %	33 %	47 %	42 %
Starveien - Ev 6 utg.		1	9 %	29 %	20 %	23 %	53 %	22 %	49 %	42 %
Ekeberg tunnelen ved gml. Mosseveien		1	23 %	23 %	19 %	20 %	43 %	36 %	54 %	46 %
Monolitveien Smedstad		2	17 %	26 %	19 %	22 %	37 %	34 %	50 %	43 %
Grorudvn - Grorudvn utg.		5	44 %	32 %	24 %	23 %	47 %	24 %	46 %	44 %
RV 150 ved Rikshospitalet, østg.		1	32 %	25 %	21 %	23 %	23 %	37 %	47 %	41 %
Bjerke		2	46 %	20 %	23 %	24 %	48 %	42 %	44 %	41 %
Linderud		3	46 %	26 %	23 %	24 %	47 %	37 %	45 %	41 %
Kaldbakken		2	43 %	33 %	23 %	25 %	48 %	22 %	46 %	41 %
Ammerud t-bane		4	42 %	31 %	24 %	24 %	49 %	22 %	46 %	41 %
Rødtdveitveien		2	41 %	33 %	23 %	24 %	50 %	22 %	46 %	41 %
Fossumveien		1	42 %	28 %	24 %	25 %	44 %	22 %	45 %	41 %
Slemdalsveien østg		1	29 %	25 %	21 %	22 %	26 %	36 %	48 %	42 %
Shell Bekkefaretn		3	33 %	28 %	16 %	20 %	41 %	32 %	51 %	43 %
Mustad - Lillakervn.		2	18 %	28 %	16 %	20 %	59 %	31 %	54 %	44 %
Aker sykehus		1	43 %	20 %	23 %	24 %	45 %	44 %	45 %	41 %
Bygrense Rv 159 - Ev 6 inng.		1	10 %	21 %	21 %	23 %	59 %	35 %	50 %	43 %
Sum										
Sum kjørte km i risikoområde			68,693	192,47	263,31	535,99	111,97	243,37	600,15	992,16
Sum kjørte km			240,90	747,60	1243,16	2338,20	240,90	747,60	1243,16	2338,20
Total prosent i risikoområde			29 %	26 %	21 %	23 %	46 %	33 %	48 %	42 %

Vedlegg 4 Oversiktskart over målestasjoner i Oslo

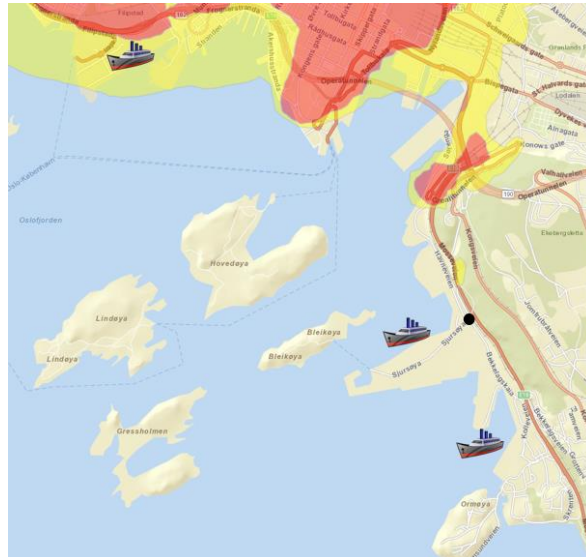
Kart over målestasjoner i Oslo



(Lützenkirchen 2017)

Vedlegg 5 Kjøringspunkt fra Sydhavna

Svart prikk markerer utgangspunkt for levering av ferdig asfalt fra Sydhavna og til utleggingsområdene i Oslo.



(luftkvalitet-nbv.no)



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway