

Storgata nord-prosjektet i Tromsø

KLIMATILTAKSANALYSE FOR ANLEGGGSFASEN



SINTEF Notat

Selamawit Mamo Fufa, Camille Vandervaeren og Kristin Fjellheim

Storgata nord-prosjektet i Tromsø

Klimatiltaksanalyse for anleggsfasen

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Notat 45

Selamawit Mamo Fufa, Camille Vandervaeren og Kristin Fjellheim

Storgata nord-prosjektet i Tromsø
Klimatiltaksanalyse for anleggsfasen

Emneord: anleggsmaskin, massetransport, teletining, utslippsfri, fossilfri, klimagassutslippsreduksjon

Prosjektnummer: 102027229

ISSN 1894-2466

ISBN 978-82-536-1757-2 (pdf)

Illustrasjon omslag: *Storgata nord og Stortorget i Tromsø*.

Kilde: Verte Landskap og arkitektur

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2021

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Community

Børrestuveien 3

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf.: 40 00 51 00

www.sintef.no/community

www.sintefbok.no

Forord

Prosjektet "Klimatiltaksanalyse for anleggsfasen til Storgata nord-prosjektet i Tromsø" ble igangsatt av Tromsø kommune i februar 2022 og er finansiert av Miljødirektoratet gjennom Klimasats-ordningen.

Arbeidet er utført av Selamawit Mamo Fufa, Camille Vandervaeren og Kristin Fjellheim fra SINTEF Community. Marianne Kjendseth Wiik fra SINTEF Community er kvalitetssikrer i prosjektet.

Oslo, mai 2022

Reidar Gjersvik
Forskningsleder
SINTEF Community

Kristin Fjellheim
Prosjektleder
SINTEF Community

Sammendrag

SINTEF har gjennomført en klimatiltaksanalyse av anleggsplassaktivitetene for renoveringsprosjektet i Storgata nord i Tromsø. Det omfatter en kartlegging av mulige tiltak som bidrar til klimagassutslippsreduksjon i anleggsfasen. I samråd med Tromsø kommune er det gjennomført klimagassberegninger og merknadsanalyse for de foreslåtte scenarioene. Hensikten er å kartlegge mulige tiltak Tromsø kommune kan vurdere å iverksette i prosjektet og viser både effekten på klimagassutslippsreduksjon og eventuelle merknader.

Kartleggingen av mulige tiltak for reduksjon av klimagassutslipp viser en potensiell besparelse på 133–247 tCO₂ekv. ved å bruke fossilfrie eller utslippsfrie løsninger for anleggsmaskiner, massetransport og teletining. Merknadsanalysen viser at det kan forekomme merknader på 125 950–720 650 NOK ved bruk av fossilfrie eller utslippsfrie anleggsmaskiner og alternative løsninger for teletining, samtidig som den viser mulige kostnadsbesparelser på 922 300–1 383 500 NOK for massetransportløsninger.

English summary

SINTEF has carried out an analysis of emission reduction measures from the construction site activities for the renovation project Storgata nord in Tromsø. This involves a mapping of possible measures that can contribute to greenhouse gas emission (GHG) reduction in the construction phase for the renovation project. GHG emission calculations and an additional cost analysis have been carried out for the different scenarios that are developed in collaboration with Tromsø municipality. The purpose of the analysis is to map the potential measures Tromsø municipality can consider implementing in this project, showing both the effect on GHG emission reductions and any additional costs this might lead to.

The results from the analysis of emission reduction measures show a potential reduction in GHG emissions of 133–247 tCO₂eq. by using alternative fossil free or emission free solutions for construction machinery, mass transport and thawing processes. The additional cost analysis shows that additional costs of between 125 950–720 650 Norwegian kroner (NOK) can occur when using alternative fossil free or emission free solutions for construction machinery and thawing processes. However, there might be cost savings of between 922 300–1 383 500 NOK for the alternative mass transport solutions.

Innhold

FORORD	3
SAMMENDRAG	4
ENGLISH SUMMARY	4
1. INNLEDNING	6
1.1 GENERELT	6
1.2 OMFANG OG MÅL.....	6
1.3 INNHALDET I RAPPORTEN	6
2. BAKGRUNN	7
2.1 FOSSILFRIE OG UTSLIPPSFRIE BYGGE- OG ANLEGGSPLASSE	7
2.1.1 Definisjonen.....	7
2.1.2 Systemgrense for bygge- og anleggsplassaktiviteter.....	7
2.1.3 Systemgrense for utslippsfri bygge- og anleggsplass.....	7
2.2 GODE EKSEMPELPROSJEKTER	8
2.2.1 Storbyerklæringen.....	8
2.2.2 Lia barnehage.....	9
2.2.3 Olav Vs gate.....	10
2.2.4 Oslo kommune: erfaringskartlegging og konsekvensutredning	12
3. METODE	13
3.1 GENERELT	13
3.2 KORT OM PROSJEKTET STORGATA NORD.....	13
3.3 OVERORDNET METODE	14
3.4 MARKEDSDIALOG OG TILGANG PÅ TEKNOLOGI.....	15
3.4.1 Generelt	15
3.4.2 Tilgang på energi.....	15
3.4.3 Tilgjengelighet av anleggsmaskiner.....	15
3.4.4 Massetransport og deponi.....	16
3.4.5 Tilgang på utstyr for teletining	16
3.5 INVENTAR, DATAKILDER OG SCENARIOANALYSER.....	16
3.5.1 Generelt	16
3.5.2 Anleggsmaskiner.....	17
3.5.3 Transport av masser	20
3.5.4 Teletining	21
4. RESULTATER OG DISKUSJON	23
4.1 RESULTATER FRA SCENARIOANALYSENE.....	23
4.1.1 Generelt	23
4.1.2 Anleggsmaskiner.....	23
4.1.3 Transport av masser	24
4.1.4 Teletining	25
4.2 OPPSUMMERING AV ALLE RESULTATER	27
4.3 SJEKKLISTE.....	28
5. KONKLUSJON	30
REFERANSER	31
VEDLEGG 1: INTERVJUGUIDE - KLIMAGASSREDUKSJON I ANLEGGSPHASEN FOR STORGATA NORD I TROMSØ	33

Innledning

1.1 Generelt

Denne rapporten er skrevet av SINTEF på oppdrag fra Tromsø kommune ved enhet Klima, miljø og landbruk, og består av en kartlegging av mulige tiltak for reduksjon av klimagassutslipp knyttet til anleggsfasen i renoveringsprosjektet Storgata nord i Tromsø. Rapporten viser resultatene av kartleggingen og inneholder i tillegg en merknadsanalyse som ble gjennomført for de forskjellige scenarioene som er foreslått av Tromsø kommune i samarbeid med SINTEF.

1.2 Omfang og mål

Kartleggingens mål og omfang er utformet i tråd med Tromsø kommunes målsetting for prosjektet:

- Klimagassregnskap for det beste eller de to mest sannsynlige scenarioene, med utgangspunkt i bruk av data fra litteraturen for anleggsmaskiner
- Muligheter og nødvendige tiltak for å kunne sette inn lav- eller nullutslippsteknologi i ulike arbeidsoppgaver på anleggsplassen, for eksempel grave- og innretningsarbeid når grunnstrukturen er lagt, inkludert beregning av effekt på klimagassutslipp og merknader for gjennomføring
- Muligheter for andre maskiner og verktøy med lavutslippsteknologi, inkludert bruk av biodiesel, beregne effekt på klimagassutslipp og merknader
- Muligheter for gjenbruk av masser og å optimere massetransport.

1.3 Innholdet i rapporten

Etter introduksjonskapitlet presenterer vi i kapittel 2 en kort gjennomgang av litteraturen om definisjoner og systemgrenser for fossilfrie og utslippsfrie bygge- og anleggsplasser, og erfaring fra noen eksempler på fossilfrie- og utslippsfrie byggeplassprosjekter i Norge. Kapittel 3 beskriver metodene som er brukt i denne studien, og vurderer både case-prosjektet, overordnet kartlegging, scenarioanalyser og utvalg og analyse av bakgrunnsdata. Resultater fra klimagassberegninger og merknadsanalyser presenteres i kapittel 4. For å vise effekten av utslippsreducerende tiltak blir også resultatene diskutert med tanke på anleggsplassaktiviteter. Til slutt gis det en oppsummerende konklusjon i kapittel 5.

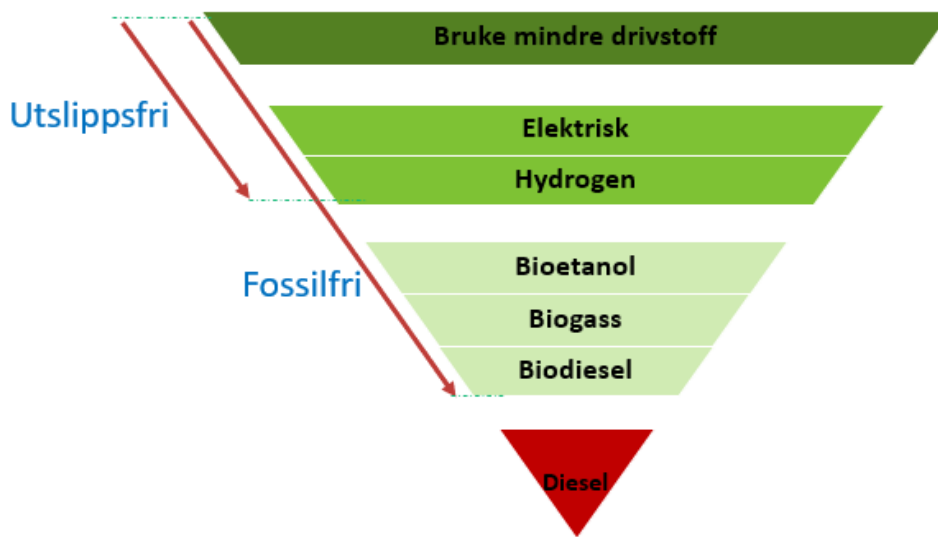
2. Bakgrunn

2.1 Fossilfrie og utslippsfrie bygge- og anleggsplasser

Begrepene "fossilfrie" og "utslippsfrie" bygge- og anleggsplasser brukes ofte om hverandre. En klar definisjon av de to begrepene sammen med en beskrivelse av aktivitetene dekket i definisjonen er viktig for å bruke riktig begrep og skape en felles forståelse.

2.1.1 Definisjonen

En **fossilfri bygge- og anleggsplass** bruker ikke fossilt brensel som diesel eller propan i noen av aktivitetene på stedet (Fufa et al., 2018; 2019). Fossilfrie bygge- og anleggsplasser erstatter ofte fossilt brensel med bioenergi og biodrivstoff eller alternative nullutslipps fornybare energiresurser som elektrisitet og hydrogen, se Figur 1.



Figur 1. Drivstoffhierarki som inngår i begrepene "utslippsfri" og "fossilfri". Kilde: Norsk Klimastiftelse, BKK, og Sparebanken Vest (2016)

En **utslippsfri bygge- og anleggsplass** har ikke direkte utslipp av klimagasser og NO_x, SO_x eller PM fra bygge- og anleggsvirksomheten (Fufa et al., 2018; 2019). Noen eksempler på utslippsfrie alternativer er elektriske eller hydrogenrevne anleggsmaskiner, strøm eller fjernvarme for midlertidig oppvarming og tørking, og bruk av elektriske eller hydrogenrevne kjøretøy til, fra og på bygge- og anleggsplasser for transport av maskiner, masser, byggevarer, avfall og bygningsarbeidere.

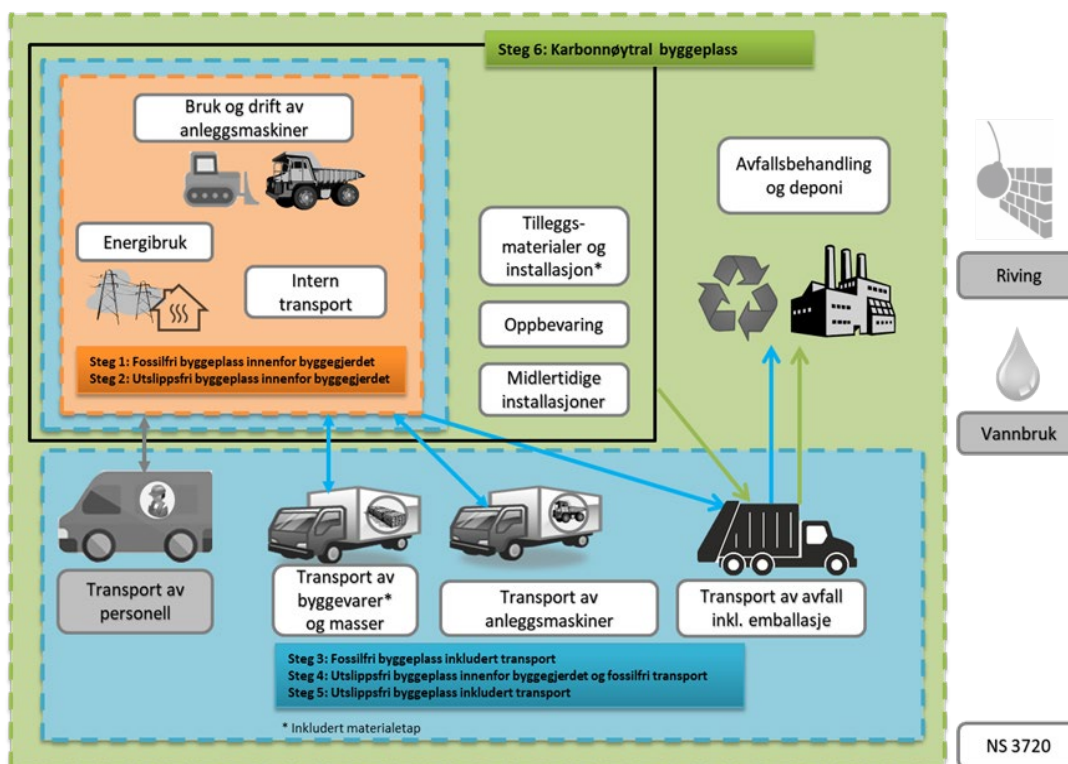
2.1.2 Systemgrense for bygge- og anleggsplassaktiviteter

Systemgrensen for bygge- og anleggsplassaktiviteter omfatter bruk og drift av anleggsmaskiner, energibruk, intern transport, lagring, midlertidige arbeider, tilleggsmateriell for montering av byggevarer og elementer, transport av materialer og produkter, transport av anleggsmaskiner, transport av avfall og masser, transport av bygningsarbeidere og avfallsbehandling og deponeringsvirksomhet for avfall som genereres under bygge- og anleggsplassaktivitetene (Fufa et al., 2018; 2019).

2.1.3 Systemgrense for utslippsfri bygge- og anleggsplass

Det er utfordrende å oppnå en fossilfri eller utslippsfri bygge- og anleggsplass, inkludert alle bygge- og anleggsplassaktiviteter. Derfor utvikles det trinnvise tilnærminger til bygge- og anleggsplassen med fossilfritt som minimumskrav, og ved å elektrifisere og legge til nullutslippsløsninger for de ulike aktivitetene steg for steg. Figur 2 viser systemgrensen for en trinnvis tilnærming til utslippsfri bygge- og anleggsplasser med beskrivelse av bygge- og

anleggsplassaktiviteter vurdert i analysen som til slutt fører til en utslippsfri bygge- og anleggsplass.



Figur 2. Systemgrense for trinnvis tilnærming til utslippsfri bygge- og anleggsplass. Kilde: Wiik, Fjellheim & Gjersvik (2022)

Denne trinnvise tilnærmingen dekker steg 1 – "fossilfri bygge- og anleggsplass innenfor byggegjerdet, inkludert fossilfri intern transport, bruk og drift av anleggsmaskiner og energibruk innenfor byggegjerdet" til steg 6 – "karbonnøytral bygge- og anleggsplass, inkludert utslippsfri intern transport, bruk og drift av anleggsmaskiner, energibruk innenfor byggegjerdet; utslippsfri transport av maskiner, utslippsfri transport av materialer, utslippsfri transport av masser, utslippsfri transport av mennesker og utslippsfri transport av avfall til og fra bygge- og anleggsplass; utslippsfri lagring, midlertidige arbeids- og installasjonsaktiviteter, utslippsfri avfallsbehandling og deponi". Nåværende fokus i byggebransjen er steg 2.

2.2 Gode eksempelprosjekter

2.2.1 Storbyerklæringen

Ved å stille ambisiøse krav i offentlige anskaffelser og drive markedet til å utvikle fossile og utslippsfrie løsninger har Oslo kommune vært ledende innen fossilfri og utslippsfri bygge- og anleggsplassvirksomhet siden 2016. Seks andre av Norges største byer (Bergen, Trondheim, Stavanger, Kristiansand, Tromsø og Drammen) følger etter Oslo med tilsvarende mål (Bellona Europa, 2021). Oslo og de seks andre byene har signert en erklæring om felles utslippsfri kommunal byggenæring.

I erklæringen står det at byenes kommunale bygge- og anleggsvirksomhet skal være utslippsfri innen 2025, mens all bygg- og anleggsvirksomhet i byene skal være utslippsfri innen 2030, se Figur 3.



Figur 3. Storbyerklæringen og klimaambisjoner fra fossilfri til utslippsfri byggeplass. Kilde: Bellona Europa (2021)

2.2.2 Lia barnehage

Lia barnehage er et pluss hus med BREEAM sertifiseringsnivå "Very Good" og beskrives som den første fossilfrie byggeplassen i Norge. Generell informasjon om prosjektet er gitt i Tabell 1, og noen av lærdommene (Fufa, 2018; Fufa et al., 2018; 2019) er oppsummert nedenfor.

Tabell 1. Generell informasjon om Lia barnehage. Kilder: Fufa (2018); Fufa et al. (2019)

Lia barnehage byggeplass. Kilde: SINTEF															
Sted	Harald Sohlbergs vei 19, Oslo														
BRA (m ²)	1 600														
Materialer, hovedkonstruksjon	Prefabrikkerte bygningselementer med innvendig og utvendig trekledning, hulldekkerelementer, lettakselementer														
Prosjekteier	Omsorgsbygg/Oslobygg														
Totalentreprenør	Skanska Husfabrikken														
Åpningsdato	02.01.2018														
Klimagassutslipp, resultater fra byggefasen	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Activity</th> <th>Emission (kgCO₂ekv/m²/år)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Midlertidige installasjoner</td> <td>0.01</td> </tr> <tr> <td>Transport av personell</td> <td>0.11</td> </tr> <tr> <td>Avfall</td> <td>0.08</td> </tr> <tr> <td>Transport av byggevarer</td> <td>0.55</td> </tr> <tr> <td>Anleggsmaskiner</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>Energibruk</td> <td>0.04</td> </tr> </tbody> </table>	Activity	Emission (kgCO ₂ ekv/m ² /år)	Midlertidige installasjoner	0.01	Transport av personell	0.11	Avfall	0.08	Transport av byggevarer	0.55	Anleggsmaskiner	0.4	Energibruk	0.04
Activity	Emission (kgCO ₂ ekv/m ² /år)														
Midlertidige installasjoner	0.01														
Transport av personell	0.11														
Avfall	0.08														
Transport av byggevarer	0.55														
Anleggsmaskiner	0.4														
Energibruk	0.04														

I prosjektet Lia barnehage stilte Omsorgsbygg krav tidlig i anskaffelsesprosessen for å realisere en av de første fossilfrie byggeplassene i Norge. Målet var å bruke elektrifisert maskineri

der det var mulig samt å bruke fornybare løsninger for oppvarming og tørking hvis tilgjengelig. Tidligfasediskusjoner, planlegging og samarbeid mellom byggherre (Omsorgsbygg), entreprenør (SKANSKA) og ulike aktører involvert i prosjektet gjorde det mulig å finne tiltak for å nå prosjektambisjonene.


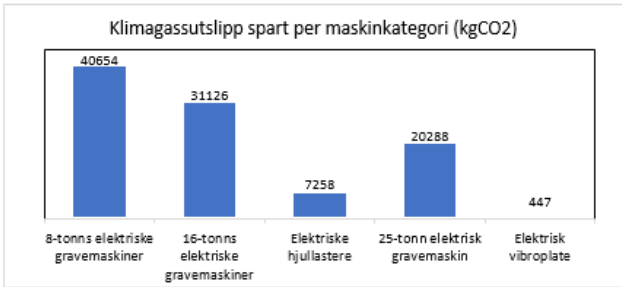
Prosjektspesifikke forhold som plassering med skole som nærmeste nabo og plassmangel gjorde at man ble tvunget til å stille strengere krav til leveranser og logistikk og legge inn større innsats i planleggingsfasen av prosjektet. God planlegging og bedre logistikk, valg av konstruksjonsløsning med bruk av prefabrikkerte og lokalproduserte elementer gjorde at prosjektet ble ferdigstilt før planlagt tid.

Det var utfordrende å iverksette fossilfrie løsninger, og selv om det var planlagt å bruke biodiesel ble mange av de innleide anleggsmaskinene levert til byggeplassen med en tank full av diesel. Dette viser at det allerede i den tidlige planprosessen er viktig å vurdere eksterne faktorer som tilgjengelighet på maskiner, tilgang på bærekraftig drivstoff, tilgang på elektrisitet, tilgjengelig infrastruktur i byggeperioden og valg av byggemetoder.

2.2.3 Olav Vs gate

Olav Vs gate er ansett som verdens første utslippsfrie anleggsplass hvor anleggsarbeidet ble utført med elektriske anleggsmaskiner (Bymiljøetaten, 2020). Generell informasjon om prosjektet er gitt i Tabell 2, og noen av lærdommene er oppsummert nedenfor.

Tabell 2. Generell informasjon om Olav Vs gate. Kilde: Bymiljøetaten (2020)

 <p style="text-align: center;">Olav Vs gate anleggsplasser. Kilde: SINTEF</p>													
Sted	Oslo sentrum, mellom Nationalteatret og Aker Brygge												
Prosjekttype	Renovering av Olav Vs gate og Klingenberggata												
Elektriske anleggsmaskiner	Tre elektriske gravemaskiner i ulike størrelser (8 tonn, 16 tonn, 25 tonn), elektriske hjullastere og vibroplate												
Prosjekteier	Oslo Kommune												
Totalentreprenør	Steen og Lund AS som entreprenør, og Sørby Utleie leverer nullutslippsmaskinene												
Ambisjon	Bruk av utslippsfrie maskiner for arbeid innenfor anleggsgjerdet												
Åpningsdato	Desember 2020												
Klimagassutslipp resultater fra byggefasen	 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>Klimagassutslipp spart per maskinkategori (kgCO₂)</caption> <thead> <tr> <th>Maskinkategori</th> <th>Utslipp (kgCO₂)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8-tonns elektriske gravemaskiner</td> <td>40654</td> </tr> <tr> <td>16-tonns elektriske gravemaskiner</td> <td>31126</td> </tr> <tr> <td>Elektriske hjullastere</td> <td>7258</td> </tr> <tr> <td>25-tonn elektrisk gravemaskin</td> <td>20288</td> </tr> <tr> <td>Elektrisk vibroplate</td> <td>447</td> </tr> </tbody> </table>	Maskinkategori	Utslipp (kgCO ₂)	8-tonns elektriske gravemaskiner	40654	16-tonns elektriske gravemaskiner	31126	Elektriske hjullastere	7258	25-tonn elektrisk gravemaskin	20288	Elektrisk vibroplate	447
Maskinkategori	Utslipp (kgCO ₂)												
8-tonns elektriske gravemaskiner	40654												
16-tonns elektriske gravemaskiner	31126												
Elektriske hjullastere	7258												
25-tonn elektrisk gravemaskin	20288												
Elektrisk vibroplate	447												

Prosjektet hadde tett dialog med markedet, produsenter og selgere av anleggsmaskiner og lokalt nettselskap for å sikre at tilstrekkelig kraft kunne leveres til stedet. Det var få elektriske maskiner som var tilgjengelige i prosjektperioden, og derfor inngikk prosjektet en avtale med en utstyrsleietjeneste for å sikre at elektriske maskiner kunne leveres til prosjektet. Prosjektet inngikk også en egen avtale med entreprenør om at de skulle benytte de elektriske maskinene som ble stilt til rådighet gjennom utleietjenesten. Prosjekteier var ansvarlig for forsyning og kostnader for strømbruk i prosjektet.

Ved å bruke elektriske anleggsmaskiner kunne pilotprosjektet Olav Vs gate spare 35 000 liter diesel, tilsvarende 92 500 kg CO_{2ekv.}, sammenliknet med bruk av vanlige dieseldrevne anleggsmaskiner (Bymiljøetaten, 2020). Prosjektet har spart 52 % av utslippene sammenliknet med om det hadde blitt utført fossilfritt, og 99 % av utslippene sammenliknet med om det hadde vært utført med vanlig diesel. I tillegg til utslippsreduksjon har bruk av elektriske maskiner redusert støy og røyk lokalt og skapt et bedre og tryggere arbeidsmiljø.

Erfaringene fra Olav Vs gate viser at det er mulig å oppnå utslippsfrie bygge- og anleggsplasser, og det ble identifisert flere tiltak som gjør det mulig å løse utfordringene og kan brukes som nyttig erfaring for framtidige prosjekter. For eksempel er det svært kostbart å utvikle maskinprototyper, og det er opptil ett års leveringstid på maskiner og komponenter. Det viser

at utbyggere, planleggere, kjøpere og entreprenører må planlegge på forhånd med hensyn til tilgjengelighet og lang leveringstid.

2.2.4 Oslo kommune: erfaringskartlegging og konsekvensutredning

Oslo kommune har arbeidet med utslippsfrie bygge- og anleggsplasser i flere år og har satt seg et mål om at bygge- og anleggsvirksomheten i Oslo skal være utslippsfri i 2030.

I tidligere arbeid med Oslo kommune ble det utviklet en veileder for innovative anskaffelsesprosesser for utslippsfrie byggeplasser (Fufa et al., 2018) som samler erfaringer fra anskaffelsesprosessen og hvilke elementer man bør tenke på internt før oppstart av prosjektet og i selve oppfølgingen (Figur 4).



Figur 4. Erfaringer fra tidligere fossilfrie- og utslippsfrie bygge- og anleggsplasser. Kilde: Fufa et al. (2018)

Markedsdialog har blitt brukt som et verktøy ved anskaffelse av fossilfrie og utslippsfrie bygge- og anleggsplasser i Oslo i tillegg til at det er stilt konkrete og realistiske krav i anbud, og markedet har blitt strategisk adressert for kommende krav (Venås et al., 2020). Markedsdialogen har satt i gang flere innovative forskningsprosjekter for å levere elektriske maskiner og andre løsninger, inkludert en nullutslippsgravemaskin (ZED) (Wiik et al., 2020) og en nullutslippsløsning for betongleveranse (Bellona, 2019).

I 2019 ble det innført standard klima- og miljøkrav for Oslo kommunes egne bygge- og anleggsprosjekter som sier at alle prosjekter skal gjennomføres med lavest mulig miljøbelastning (Oslo kommune, 2019). I rapporten *Erfaringskartlegging av krav til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser* (Wiik, Fjellheim & Gjersvik, 2022) ser man på erfaringer knyttet til maskinpark, energiforbruk og energiforsyning fra relevante utslippsfrie bygge- og anleggsprosjekter i Oslo kommune. Erfaringskartlegging viser at rammeverket slik det er i dag fungerer i tråd med sin hensikt. Det er generelt uproblematisk å benytte seg av mindre elektriske maskiner og utstyr, men når man kommer opp i størrelse, kan det oppstå utfordringer knyttet til strømforsyning og ladelogistikk. I tillegg oppleves en bygge- og anleggsplass med elektriske anleggsmaskiner som mindre støyende, med lavere lokal forurensning, bedre luftkvalitet og bedre arbeidsmiljø.

Som en videreføring av arbeidet med kartlegging av utslippsfrie bygge- og anleggsplasser ble det utført en konsekvensutredning av utslippsfri byggeprosess i Oslo (Wiik et al., 2022). Her ble det gjennomført analyser knyttet til energi- og effektbehov for eksempel-bygge- og anleggsplasser i tillegg til merkostnadsanalyse for elektriske anleggsmaskiner og transportkjøretøy. Basert på markedsdialog ble det utviklet fire mulige utviklingsscenarioer som beskriver hvordan drivkreftene teknologiutvikling og strenge/gode krav fra Oslo kommune kan påvirke omstillingen til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser. Energi, effekt og merkostnadsberegningene benyttes som grunnlag for videre analyse av merkostnadene for prosjektet Storgata nord.

3. Metode

3.1 Generelt

Metodedelen er inndelt i tre hoveddeler. Den første delen gir en kort beskrivelse av renoveringsprosjektet Storgata nord i Tromsø. Den andre delen gir en beskrivelse av overordnet metode for klimagassregnskap- og kostnadsanalyse brukt i denne studien. Det inkluderer kartlegging av eksisterende fossilfrie og utslippsfrie teknologier og beskrivelse av de mest sannsynlige scenarioene for å evaluere mulighetsrommet og tiltak for fossilfri og utslippsfri anleggsplassvirksomhet. Den tredje delen presenterer bakgrunnsdataene som ble brukt i klimagassregnskap- og kostnadsanalysene.

3.2 Kort om prosjektet Storgata nord

Storgata nord er Tromsøs paradegate og kan sammenliknes med Karl Johan i Oslo. Gaten ble først etablert som gågate på begynnelsen av 1990-tallet. Den innehar mange sentrale funksjoner og er av stor interesse for veldig mange. Storgata er en aktiv utelivsgate med relativt høy belastning, så ønsket om oppgradering er sterkt hos både grunneier Tromsø kommune og gårdeiere, næringslivet og andre aktører som bruker gaten til sine arrangementer. Gaten binder sammen to av byens sentrale byrom – Stortorget og Kirkeparken. Sistnevnte ble oppgradert i 2018 og kan anses som starten på en renovering av de offentlige arealene og gatene i Tromsø sentrum. Det nye gatetverrsnittet har som intensjon å styrke gatens funksjon som gågate ved å tilrettelegge for unge, eldre og mennesker med nedsatt funksjonsevne. Det etableres blant annet møblering, grønne plantebed, trådløst WIFI, strømpullerter, måsesikre avfallsbeholdere og terrorsikring. Det er også bevilget midler til kunst i gaten. Kommunen har høye miljøambisjoner og ønsker å bygge grønnere. Grøntanleggene etableres som regnbed for å bidra til overvannshåndtering samtidig som det gir vann til plantene. Ambisjonen er å designe en gate for fremtiden i lys av hva prognosene tilsier at den vil måtte håndtere rent veiteknisk samt prognosene for klimatiske endringer i været. Løsningen må også tilfredstille kommunens overordnede strategi for byutvikling og økt innbyggertrivsel. Tabell 3 gir generell informasjon om prosjektet Storgata nord (Tromsø Kommune, 2021).

Tabell 3. Generell informasjon om Storgata nord-prosjektet

	
Storgata nord. Kilde: Tromsø Kommune	
Sted	Fra Fr. Langes gate og Bispegata i Tromsø, inkludert krysset over Fr. Langes gate
Prosjekttype og størrelse	350 meter gågate, totalrenoveringsprosjekt med ny veiunderbygning, toppdekk og gatetverrsnitt
Levetid	30–50 år
Prosjekteier	Tromsø kommune
Ambisjon	Gjennomføre renoveringsprosjektet med å utforme moderne, bærekraftige og robuste løsninger med minst mulig klimaavtrykk
Detaljprosjekteringsperiode	Ferdigstilt i løpet av våren 2022. Konkurransen juni–august 2022.
Konstruksjonsperiode	September 2022–august 2023, planlagt for å gjennomføres i ulike faser der deler av gaten renoveres, del for del. Forberedende arbeid vil starte høsten 2022 før det store gravearbeidet igangsettes april 2023.

Prosjektet velger å gå ned i dybden av veigrunnen og helt ned på stikkledningsnivå der hvor en tilstandsanalyse, initiert av prosjektet, viser en skadegrad så alvorlig at disse må skiftes.

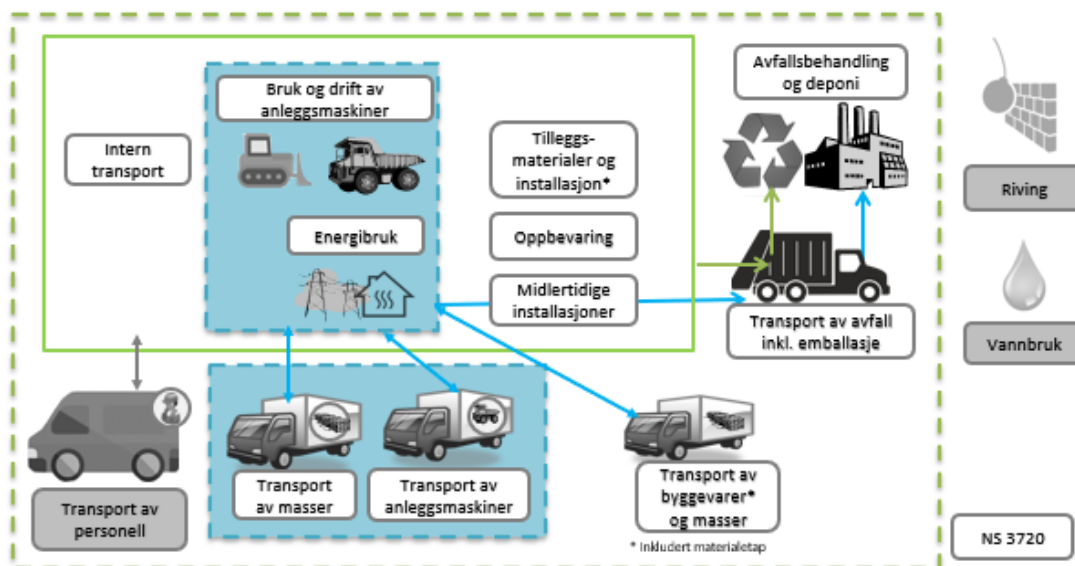
Prosjektet tilbyr også de private å samtidig utbedre drenering langs de private fasadene, trapper og ramper, tilkobling til fjernvarme (for bygg) og utbedring av de private smugene med nytt gatedekke, gatevarme og belysning. Kostnader for dette arbeidet tilfaller den private. Arbeidet vil medføre gravearbeid i grunn innenfor et svært begrenset areal. Grunnen under gaten er definert som "Byjord", og det antas at store deler av disse massene vil inneholde forurensede masser som må håndteres ved sertifisert mottak.

3.3 Overordnet metode

Metodene som er benyttet er:

- kartlegging av eksisterende fossilfri og utslippsfri teknologi
- utvikling og evaluering av mest sannsynlige scenarier for å evaluere mulighetsrommet og tiltak for fossilfri og utslippsfri anleggsplassvirksomhet
- klimagasseberegninger
- merknadsanalyser

Kartleggingsaktiviteten omfatter å identifisere potensielle tilgjengelige teknologier og definere systemgrensen for anleggsplassaktiviteter inkludert i denne analysen i diskusjon med Tromsø kommune. Transport, bruk og drift av anleggsmaskiner, energibruk, og transport av masser er aktiviteter som inkluderes i denne studien, se blå bokser og piler i Figur 5.



Figur 5. Systemgrenser for anleggsplassaktiviteter inkludert i denne studien, tilpasset fra Wiik, Fjellheim& Gjersvik (2022)

Klimagassberegninger for anleggsplassaktiviteter knyttet til renovering av en 350 meter gågate er utført i henhold til standardiserte metoder for livssyklusanalyse (LCA) (NS 3720:2018 2018). Beregningene av klimagassutslipp for utvalgte scenarier er uttrykt i CO₂-ekv. og er presentert i totale klimagassutslipp for 350 meter gågate og relative prosentvise besparelser i klimagassutslipp. Systemgrensen for klimagassberegningene inkluderer både direkte og indirekte utslipp fra bruk, drift og transport av anleggsmaskiner, direkte utslipp fra energibruk for teletining og direkte utslipp fra transport av masser.

Det er gjennomført overordnet kostnadsanalyse av potensielle scenarier for å vise merknadene ved tiltakene for utslippsreduksjon som er foreslått. Merknadsverdiene er basert på analysene utført under arbeidet med rapporten *Utslippsfri byggeprosess i Oslo – konsekvensutredning* (Wiik et al., 2022). Det er først utført livløpskostnadsanalyser (LCC), i henhold til standarden NS 3454 (NS3454:2013, 2013), for gravemaskiner og tippbiler som går på diesel, biodiesel (HVO) og elektrisitet ved å inkludere investeringskostnader, drift- og vedlikeholds-

kostnader og energikostnader. Videre er det beregnet merkostnader i norske kroner for energibruk (NOK/kWh) ved overgangen fra diesel til HVO og diesel til elektrisk for anleggsmaskiner og tippbiler.

3.4 Markedsdialog og tilgang på teknologi

3.4.1 Generelt

En semistrukturert intervjuguide ble utviklet (vedlegg 1) og intervjuer ble gjennomført med prosjektdeltakere, nettleverandør og lokale maskinleverandører for å identifisere potensielle tilgjengelige fossilfrie og utslippsfrie teknologier i Tromsø område. Resultater ble brukt som input for definisjon av mulige scenarioer.

Det ble gjennomført seks intervjuer med eksterne aktører i tillegg til dialog med prosjektorganisasjonen til prosjektet Storgata nord. Intervjuobjektene ble spurt om tilgangen til utslippsfrie og fossilfrie anleggsmaskiner, tunge kjøretøy og teletiningsutstyr, tilgang til energi på anleggsplass (elektrisitet, fjernvarme), tilgang på fossil diesel og fossilfri diesel, og muligheter knyttet til massetransport. Generell tilbakemelding fra intervjuobjektene var at fossilfrie og utslippsfrie teknologiske løsninger krever at oppdragsgiver setter av dette i budsjettene fordi det koster mer, at det etableres en sikkerhet for entreprenørene at det vil komme flere prosjekter som benytter seg av utslippsfrie og fossilfrie løsninger, slik at risikoen ved innkjøp reduseres, og at nye løsninger må kommuniseres og planlegges tidlig ettersom det kan være lange leveringstider. Delkapitlene under oppsummerer funnene fra intervjuene.

3.4.2 Tilgang på energi

Det anses som sannsynlig at det er tilgjengelig HVO biodiesel for prosjektet som kan transporteres fra Harstad med en avstand på ca. 300 km. Noen av intervjuobjektene mener at det kan være vanskelig å få tak i nok biodiesel, og det anbefales at Tromsø kommune tar tidlig kontakt med leverandør av biodrivstoff for å avklare tilgjengelighet før det stilles krav. En stor utfordring knyttet til bruk av HVO biodiesel, som ble trukket fram, er at kostnaden er betydelig høyere enn ordinær diesel. Per i dag er det kun et lite antall pilotprosjekter i nord som har benyttet seg av biodiesel til bygge- og anleggsprosjekter.

Prosjektorganisasjonen til Storgata nord planlegger for tidlig tilretteleggelse av infrastruktur for elektrisitet med tilgjengelig 400V. Det antas derfor at det vil være tilgjengelig elektrisitet for lading av de maskinene som vurderes i alternativscenariene.

Fossil diesel er tilgjengelig på lokale mellomlagre og har kort transportavstand.

3.4.3 Tilgjengelighet av anleggsmaskiner

De fleste intervjuobjektene sier at de har en ambisjon om å øke andelen utslippsfrie teknologiske løsninger, men at etterspørselen i markedet i nord er så liten at den økonomiske risikoen er for stor. Alle sier også at deres maskiner fint kan benytte seg av HVO biodiesel i dag, men at dette ikke blir gjort grunnet prisforskjellen sammenliknet med fossil diesel.

Ingen av intervjuobjektene kjenner til at noen eier elektriske anleggsmaskiner i Tromsøområdet i dag, men at det er noen maskiner som er til utleie fra Oslo/Østlandet. De store elektriske anleggsmaskinene (over 8 tonn) antas å være rundt tre ganger dyrere i innkjøpspris og leiepris enn tradisjonelle maskiner. I tillegg er leveringstiden antatt å være mellom seks måneder til ett år. Det er også et par intervjuobjekter som påpeker at man ikke må ende opp med suboptimalisering ved å erstatte fullt fungerende fossile maskiner med nye elektriske maskiner når man kan øke levetiden ved godt vedlikehold.

Med tanke på tilgang i markedet og leveringstider virker det lite sannsynlig at alle de store anleggsmaskinene som skal benyttes i prosjektet Storgata nord, kan være elektriske. Ettersom det er minimum én stor anleggsmaskin (på rundt 15 tonn) til utleie i Tromsø per i dag, antas det at det vil være mulig å ha én stor anleggsmaskin tilgjengelig. Intervjuobjektene ser det som

mer sannsynlig at det er mulig å få tak i mindre elektriske anleggsmaskiner (2–8 tonn) som hjullastere og minigravere.

Når det gjelder mindre, håndholdt utstyr, vil det også være mulig å delvis benytte seg av elektriske alternativer, men disse er ikke vurdert i denne studien.

For at det skal være mulig for entreprenørene å benytte elektriske løsninger må de ha tid på seg til å sette maskiner i bestilling, og det anses som lite sannsynlig at man får til så mange elektriske maskiner i den første fasen av Storgata nord-prosjektet.

3.4.4 Massetransport og deponi

Bruk av elektriske tunge kjøretøy anses ikke som et alternativ for prosjektet Storgata nord. Bruk av HVO biodiesel vil være et alternativ på tunge kjøretøy til massetransport.

Transport av masser anses som en stor bidragsyter til klimagassutslipp i denne type prosjekt, og intervjuobjektene mener at det vil være et viktig klimatiltak å finne gode løsninger som reduserer transportavstander.

Tilgang på deponi ble tatt opp av flere av intervjuobjektene som en mulig stor utfordring. Noen entreprenører har egne lokale deponier og lagre nær Tromsø sentrum (5–10 km avstand), mens deponier for de som ikke har dette, vil kunne være så langt unna som 90 km.

3.4.5 Tilgang på utstyr for teletining

De fleste intervjuobjektene benytter samme maskiner til teletining og eventuelt betongherding ved behov. I dag går disse maskinene på diesel, men det er antatt at de aller fleste kan benytte HVO biodiesel.

Det er i dag veldig liten tilgang på elektriske maskiner, og tilgjengelig utstyr er ikke stort nok til å kunne brukes i Storgata nord-prosjektet. Det er mulig at en leverandør vil ha én tilgjengelig prototype på elektrisk utstyr som er stor nok til å benyttes i prosjektet i løpet av høsten 2022, men dette bør avklares tidlig for å vurdere tilgjengelighet.

3.5 Inventar, datakilder og scenarioanalyser

3.5.1 Generelt

I dialog med Tromsø kommune og gjennom innspill fra intervjuobjektene er det utviklet potensielle og realistiske scenarioer for de tre byggeplassaktivitetene i prosjektet. "Basecase"-scenarioet (BaU) og de alternative scenarioene ble utviklet med tanke på realistisk tilgang på teknologi som kan være tilgjengelig innenfor prosjektets tidsramme. Oppsummering av potensielle scenarioer for de tre anleggsplassaktivitetene – anleggsmaskiner, transport av masser og teletining – vises i Tabell 4. Detaljert informasjon – inkludert antall og type anleggsmaskiner, mengde masser og transportavstand, og energibruk for teletining – finnes i delkapitlene 3.5.2–3.5.4.

Tabell 4. Scenarier per anleggsplassaktivitet

Nr	Anleggsplass aktiviteter	Beskrivelse av scenarier	Scenariokode
1	Anleggs-maskiner	100 % dieseldrevne anleggsmaskiner (diesel hentet lokalt innen 5km) anskaffet lokalt i Tromsø, maskiner og diesel transportert med 16-32tonn, EURO6 dieseldrevet lastebil	Alle diesel (BaU)
		1 stor elektrisk gravemaskin, 1 liten elektrisk hjullaster tilgjengelig lokalt, og andre dieseldrevne anleggsmaskiner (skaffet lokalt, bruk diesel hentet lokalt innen 5km), maskiner og diesel transportert med 16-32tonn, EURO6 dieseldrevet lastebil	1 e-gravemaskin, 1 e-hjullaster, annen diesel (Alternativ 1)
		100 % biodieseldrevet anleggsmaskiner (biodiesel hentet fra Harstad lokalisert ca. 300km), maskiner og biodiesel transportert med 16-32 tonn, EURO 6 dieseldrevet lastebil	Alle biodiesel (Alternativ 2)
		1 stor elektrisk gravemaskin, 1 liten elektrisk hjullaster tilgjengelig lokalt, og andre biodieseldrevne anleggsmaskiner (drevet av biodiesel hentet fra Harstad, 300 km), maskiner og biodiesel transportert med 16-32tonn, EURO6 dieseldrevet lastebil	1 e-gravemaskin, 1 e-hjullaster, annen biodiesel (Alternativ 3)
		1 stor elektrisk gravemaskin, 1 liten elektrisk hjullaster tilgjengelig lokalt (frem til 2023, fase 3), og andre biodieseldrevne anleggsmaskiner (drevet av biodiesel hentet fra Harstad, 300km), alle elektriske gravemaskiner (fra 2023, fase 3), maskiner og biodiesel transportert med 16-32tonn, EURO6 dieseldrevet lastebil	1 e-gravemaskin, 1 e-hjullaster, annen biodiesel, alle e-gravemaskin fra 2023, (Alternativ 4)
2	Transport av gravemasser	Transport av alle masser og produkter tatt ut fra prosjektet til deponi som ligger innenfor 90km. Transport av nye masser og produkter fra ulike lokasjoner til prosjektstedet.	Alle masser til deponi innen 90km (BaU)
		Transport av 60 % gjenbrukbare masser fra prosjektsted til mellomlager og transport av de resterende 40 % av massene og produktene til deponi som ligger innenfor 90km. Transport av 5 % gjenbrukbare masser og resterende nye produkter og masser til prosjektstedet.	Gjenbruk av 60% av masser og deponi av de resterende innen 90km (Alternativ 1)
		Transport av 60 % gjenbrukbare masser til mellomlager og transport av de resterende 40 % av massene og produktene til deponi som ligger innenfor 25km. Transport av 5 % gjenbrukbare masser og resterende nye produkter og masser til prosjektstedet.	Gjenbruk av 60% av masser og deponi av de resterende innen 25km (Alternativ 2)
		Transport av alle masser og produkter tatt ut fra prosjektet til deponi som ligger innenfor 25km. Transport av nye masser og produkter fra ulike lokasjoner til prosjektstedet.	Alle masser til deponi innen 25km (Alternativ 3)
3	Teletining	100 % dieseldrevet maskiner til teletining	Alle diesel (BaU)
		100 % biodieseldrevet maskiner til teletining	Alle biodiesel (Alternativ 1)
		100 % elektriskdrevet maskiner til teletining	Alle elektrisk (Alternativ 2)

Klimagassberegningene er gjennomført i henhold til metoden utviklet i regionale forskningsfond (RFF) Hovedstaden "Utslippsfrie byggeplasser – forprosjekt" (Fufa, 2018; Fufa, Wiik & Andresen, 2019). Detaljert beskrivelse av inventaret og datakilden som brukes til å beregne klimagassutslipp og kostnader fra anleggsplassaktiviteter, er gitt nedenfor.

For kostnadsanalysene er det antatt at maskiner og tippbiler som går på HVO, har samme investeringskostnad som dieselalternativet. For elektriske maskiner og tippbiler er det antatt en merkostnad i 2022 på 3–3,5 ganger dieselalternativet, mens batterielektriske anleggsmaskiner antas å være rundt tre ganger så dyre som dieselalternativet.

3.5.2 Anleggsmaskiner

Anleggsmaskiner består av mobile maskiner som brukes på anleggsplassen. Anleggsprosessen er delt inn i tre faser. Et estimat for type og størrelse på anleggsmaskiner, og bruk av anleggsmaskiner per hver av de tre fasene, er gitt av Tromsø (se Tabell 5).

Tabell 5. Type og antall maskiner

<i>Fase</i>	<i>Fase beskrivelse</i>	<i>Antall måneder per varighet (nr)</i>	<i>Maskinetype</i>	<i>Antall maskiner</i>
Fase 1: Infrastruktur	Flytte hovedledninger fjernvarme, 10-20tonn	3 (sep. 22 - des. 22)	Gravemaskin	2
	Flytte hovedledninger fjernvarme	3 (sep. 22 - des. 22)	Borerigg	1
	Grøfter for 500m OPI og 500m tilførselsrør snøsmelting, 15tonn	6 (nov. 22 - mai. 23)	Gravemaskin	2
	Grøfter for 500m OPI og 500m tilførselsrør snøsmelting	6 (nov. 22 - mai. 23)	Borerigg	1
	Kompaktering i grøfter	6 (nov. 22 - mai. 23)	Veivals	1
Fase 2: Trau og overbygning	Utgraving av trau	3 (apr. 22 - jul. 22)	Gravemaskin	1
	Kompaktering av trau, forsterkningslag og bærelag	3 (apr. 22 - jul. 22)	Veivals	1
Fase 3: Drensasfalt, steindekker, plantefelt, trapper	Drensasfalt - lag 1 - asfaltutlegger og håndlegging	3 (mai. 23 - aug. 23)	Asfaltlegger	1
	Drensasfalt - lag 2 - håndlegging m/gravemaskin	3 (mai. 23 - aug. 23)	Gravemaskin	1
	Interntransport materialer - Steindekker og materialer	3 (mai. 23 - aug. 23)	Liten hjullaster	1
	Betong til settelag	3 (mai. 23 - aug. 23)	Betongbil	1

Klimagassutslippsberegning for anleggsmaskiner inkluderer produksjon av maskiner, transport av maskiner til byggeplassen, transport av drivstoff for bruk på anleggsmaskiner og drivstoffbruk under drift.

- **Klimagassutslipp fra produksjon av anleggsmaskiner** er beregnet i tCO₂ekv. som følger: *antall anleggsmaskiner (stk.) x vekt av anleggsmaskiner (kg/stk.) x varighet på stedet (timer) / anleggsmaskinens levetid (timer) x utslippsfaktorer for produksjon av anleggsmaskiner (tCO₂ekv./kg).*
 - Vekten på anleggsmaskinen er estimert basert på data innhentet fra tekniske spesifikasjoner for tilsvarende maskiner. Varighet på stedet, driftstimer (5 timer per dag og 20 dager per måned), mengden drivstofforbruk, en referanselevetid (på 10 år) og utslippsfaktorene for produksjon av maskineriet er estimert basert på data fra litteratur (Fufa, 2018; Fufa, Wiik & Andresen, 2019; Wiik et al., 2020) og Ecoinvent v3.6 databasen (Ecoinvent, 2016) med miljøpåvirkningskategorier ReCiPe Midpoint (H) V1.13 / Europe Recipe H (infrastrukturprosesser og langsiktige utslipp er inkludert).
- **Klimagassutslipp fra transport av anleggsmaskiner** er beregnet i tCO₂ekv. som følger: *antall anleggsmaskiner x vekt av anleggsmaskiner (tonn) x transportavstand (km) x utslippsfaktor for transportmidler (tCO₂ekv./tkm).*
 - Anleggsmaskinene er antatt å bli transportert til anleggsplassen fra maskinleverandørene innenfor 25 km, noe som gir en gjennomsnittlig tur-returavstand på 50 km. Anleggsmaskinene er antatt å bli transportert med dieseldrevet 16–32 tonn EURO 6 klasse lastebil. Klimagassutslippet faktor for "Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {GLO} | market for | Alloc Rec, U" ble valgt som standard fra Ecoinvent v3.6 databasen med miljøpåvirkningskategorier ReCiPe Midpoint (H) V1.13 / Europe Recipe H (infrastrukturprosesser og langsiktige utslipp er inkludert) på SimaPro9.
- **Klimagassutslipp fra transport av drivstoffbruk (diesel og biodiesel) til anleggsmaskiner** er beregnet i tCO₂ekv. som følger: *antall anleggsmaskiner x mengde av*

drivstofforbruk til anleggsmaskiner (l/time) x antall timer anleggsmaskinene er brukt på anleggsplassen (timer) x vekt av drivstoff (t/l) x transportavstand (km) x utslippsfaktor for transportmidler (tCO₂ekv./tkm)

- Vekten på drivstoff er estimert basert på data innhentet fra tekniske spesifikasjoner for tilsvarende maskiner (Wiik et al., 2022).
- **Klimagassutslipp fra anleggsmaskiner i bruk** er beregnet i tCO₂ekv. Som følger: antall anleggsmaskiner x mengde av drivstoff/elektrisitetsforbruk til anleggsmaskiner (l eller kWh/time) x antall timer anleggsmaskinene er brukt på anleggsplassen (timer) x utslippsfaktor for drivstoff/elektrisitetsforbruk av anleggsmaskiner (tCO₂ekv./l eller kWh)
- Anleggsmaskiner har blitt antatt å forbruke diesel, biodiesel eller elektrisitet basert på trolige scenarioer definert i Tabell 4.
- "Well-to-wheel" utslippsfaktorene for diesel (3,24 kgCO₂ekv./liter) og biodiesel (1,92 kgCO₂ekv./liter) brukes fra NS-EN 16258:2012 (NS-EN 16258:2012 2012). For elektrisk drevne maskiner brukes norsk utslippsfaktor (0,06 kgCO₂ekv./kWh) fra NS 3720 (NS 3720:2018 2018). Utslippsfaktorene for produksjon av maskineriet er hentet fra Ecoinvent v3.6 databaser (Ecoinvent, 2016) og litteratur (Wiik et al., 2020; Wiik et al., 2022).

Fem scenarioer er vurdert for anleggsmaskiner (se Tabell 4):

- *BaU*: alle diesel
- *Alternativ 1*: 1 e-gravemaskin, 1 e-hjullaster og annen diesel
- *Alternativ 2*: alle biodiesel
- *Alternativ 3*: 1 e-gravemaskin, 1 e-hjullaster, annen biodiesel
- *Alternativ 4*: 1 e-gravemaskin, 1 e-hjullaster, alle e-gravemaskiner fra 2023, annen biodiesel

Tabell 6 gir et eksempel på bakgrunnsdataene som er brukt for å beregne klimagassutslippene fra anleggsmaskiner brukt i scenarioet "BaU: alle diesel".

Tabell 6. Sammendrag av inventardata for anleggsmaskiner for BaU

Faser	Maskin type	Antall maskiner (nr)	Vekt maskiner (kg)	Produksjon av maskiner			Forbruk drivstoff			Transport av maskiner til anleggsplasser				Transport av drivstoff				
				Referanse levetid (timer)	Drifts timer (timer)	Bruk på anleggs plasser (%)	Utslippsfaktor for produksjon av maskiner (kgCO ₂ ekv/stk)	Drivstoff type	Forbruk drivstoff (liter)	Utlipps faktor for forbruk drivstoff (kgCO ₂ ekv/liter)	Transport avstand (km)	Antall turer	Transport middel	Utslipps faktor for transportmiddel (kgCO ₂ ekv/tkm)	Transport avstand (km)	Antall turer	Transport middel	Utslipps faktor for transport middel (kgCO ₂ ekv/tkm)
Fase 1	Gravemaskin	2	16	18 000	600	0,625	57313	Diesel	9,06	3,24	50	2	Lastebil, 16-32t, EURO6	0,164	5	1	Lastebil, 16-32t, EURO6	0,164
	Borerigg	1	15	18 000	300	0,625	42819	Diesel	9,06									
	Gravemaskin	2	16	18 000	1200	0,625	57313	Diesel	8,48									
	Borerigg	1	15	18 000	600	0,625	42819	Diesel	9,06									
	Veivals	1	15	18 000	600	0,625	42819	Diesel	9,06									
Fase 2	Gravemaskin	2	16	18 000	300	0,625	57313	Diesel	9,06	3,24	50	2	Lastebil, 16-32t, EURO6	0,164	5	1	Lastebil, 16-32t, EURO6	0,164
	Veivals	1	15	18 000	300	0,625	42819	Diesel	9,06									
Fase 3	Asfallegger	1	18	18 000	300	0,625	51383	Diesel	8,48	3,24	50	2	Lastebil, 16-32t, EURO6	0,164	5	1	Lastebil, 16-32t, EURO6	0,164
	Gravemaskin	1	16	18 000	300	0,625	57313	Diesel	8,48									
	Liten hjullaster	1	5	18 000	300	0,625	14273	Diesel	9,06									
	Betongbil	1	15	18 000	300	0,625	42819	Diesel	9,06									

Kostnadsberegningen for anleggsmaskiner er basert på analysene gjennomført i *Utslippsfri byggeprosess i Oslo – konsekvensutredning* (Wiik et al., 2022), og verdiene som viser kr/kWh energibruk per maskintype er benyttet videre inn i analysene for prosjektet Storgata nord. Disse verdiene inkluderer alle levetidskostnadene (investeringskostnad, drifts- og vedlikeholdskostnader og energikostnader). Antatte energikostnader for 2022 er vist i Tabell 7 og danner deler av grunnlaget for merkostnadsberegningene. Energipriser for referanseverdiene er basert på prisbaner gitt i Klimakur 2030-utredning vedlegg 2 – veileder.

Tabell 7. Antatte energipriser for 2022 (Wiik et al., 2022)

Beskrivelse	Referanse	Høyt	Lavt
Dieselpris i kr per liter inkl. CO ₂ -avgift	8,91	7,885	11,88
HVO-pris i kr per liter uten avgifter	12,24	11,215	14,6
Strømpris i kr per kWh inkl. el-avgift	0,8981	2,3861	0,7658

Det er også gjennomført en sensitivitetsanalyse for endringer i energiprisene der referanse-scenarioet benytter seg av referanseverdiene oppgitt i Tabell 7. Verdiene vises i Tabell 8, og det er referanseverdiene som er benyttet i beregningene for merkostnader for Storgata nord-prosjektet. Høyt scenario viser merkostnadene hvis dieselprisene blir lave og elektrisitetsprisene høyere, mens lavt scenario viser høyere dieselpriser og lavere elektrisitetspriser.

Tabell 8. Merkostnader per kWh ved overgang til elektrisk eller HVO framdrift sammenliknet med diesel for anleggsmaskiner (Wiik et al., 2022)

Merkostnad kr/kWh			
		Diesel til elektrisk	Diesel til HVO
Mini (< 8 tonn)		0	3,33 (kr/l)
Liten (8–16 tonn)	Referanse	6,2	1,5
	Høyt	8,0	1,5
	Lavt	4,9	1,4
Medium (16–23 tonn)	Referanse	3,1	1,3
	Høyt	4,8	1,3
	Lavt	2,0	1,1

3.5.3 Transport av masser

Transport av masser består av mengden av masse og dekker transport til og fra anleggsplassen. Mengden masser og transportavstand til lagerplass, mellomlager og deponi ble beregnet ut fra forutsetningene hentet fra Tromsø kommune.

Fire scenarier er vurdert for transport av masser (se Tabell 4):

- *BaU*: Alle masser til deponi innen 90 km
- *Alternativ 1*: Gjenbruk av 60 % av masser og deponi av de resterende innen 90 km
- *Alternativ 2*: Gjenbruk av 60 % av masser og deponi av de resterende innen 25 km
- *Alternativ 3*: Alle masser til deponi innen 25 km

Tabell 9 gir et eksempel på bakgrunnsdataene som er benyttet for å beregne klimagassutslippene fra transport av masser brukt i "alternativ 1" scenario.

Tabell 9. Sammendrag av inventardata for totale mengder masser og transportavstander til Alternativ 1

Disponering av eksisterende dekker	Mengde	Enhet	Fra	Til	Avstand (km)	Tur/retur (nr.)
Gjenbruk av skiferdekker/mellomlagring	34	tonn	Storgata	Ørndalen, Tromsø	15	1
Skiferdekker til deponi	80	tonn	Storgata	Stormoen, Balsfjord	90	1
Masser til godkjent deponi, betongdekker (FPM)	336	tonn	Storgata	Stormoen, Balsfjord	90	1
Gjenbruk av teglstein frontsoner/mellomlagring	95	tonn	Storgata	Ørndalen, Tromsø	15	1
Gjenbruk av teglstein Sjøgata/mellomlagring	36	tonn	Storgata	Ørndalen, Tromsø	15	1
Forurensete masser til godkjent deponi, asfaltdekker (FPM)	510	tonn	Storgata	Stormoen, Balsfjord	90	1
Gjenbruk av storgatastein/mellomlagring	116	tonn	Storgata	Ørndalen, Tromsø	15	1
Storgatastein til deponi	13	tonn	Storgata	Stormoen, Balsfjord	90	1
Betong under overvannsrenner (60mm) til deponi	50.4	tonn	Storgata	Stormoen, Balsfjord	90	1
Forurensete masser fra vegfundament til godkjent deponi (FPM)	4320	tonn	Storgata	Stormoen, Balsfjord	90	1
Gjenbruk av eks. masser omfylling fjernvarme (FPM)	480	tonn	Storgata	Ørndalen, Tromsø	15	1
Gjenbruk av eks. masser omfylling OV-kummer (FPM)	32	tonn	Storgata	Ørndalen, Tromsø	15	1
Lett forurensete masser som midlertidig deponeres for gjenbruk i andre prosjekter (FPM)	7520	tonn	Storgata	Ørndalen, Tromsø	15	1
Sum disponering av masser (FPM)	13622	ton				
Nye gravemasser og dekker	Mengde	Enhet	Fra	Til	Avstand (km)	Tur/retur (nr.)
Granitt Indien_Truck	208	tonn	Indien	Storgata	340	1
Granitt Indien_Ship	208	tonn	Indien	Storgata	15010	1
Granitt Norge_Truck	1320	tonn	Norge	Storgata	50	1
Granitt Norge_Ship	1320	tonn	Norge	Storgata	600	1
Skifer Alta	313	tonn	Alta	Storgata	300	1
Settesand til granitt og skifer	490	tonn	Fornes Massetak, Tromsø	Storgata	60	1
Forsterkningslag	3100	tonn	Fornes Massetak, Tromsø	Storgata	60	1
Bærelag	1536	tonn	Fornes Massetak, Tromsø	Storgata	60	1
Asfalt m varmerør	1000	tonn	Skattøya	Storgata	10	1
Gjenbruksmasser	512	tonn	Ørndalen, tromsø	Storgata	15	1
Betongfundament trapp og rampe	170	tonn	Tromsø	Storgata	15	1
Skiferdekke trapp/rampe	54	tonn	Alta	Storgata	300	1
Granitt kant, farefelt, trapp	56	tonn	Evjen, norge	Storgata	650	1
Cortenstål og spunts plater (5mm, 7,8t/m3)	23	tonn	Stavanger	Storgata	2000	1
Sum Nye masser og dekker	8782	ton				

Klimagassutslippsberegningene for transport av masser inkluderer transport av masser til og fra anleggsplassen.

- **Klimagassutslipp fra transport av masser** er beregnet i tCO₂ekv som følger: *vekt av masser og produkter som transporteres (kg) x transportavstand (km) x utslippsfaktor for transportmidler (kgCO₂ekv./tkm)*
 - Transport av masser er antatt å bli transportert med dieseldrevet 16–32 tonn EURO 6 klasse lastebil. Klimagassutslippsfaktor for "*Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {GLO} | market for | Alloc Rec, U*" ble valgt som standard fra ecoinvent v3.6 databaser.

Kostnadsberegningen for transport av masser inkluderer kostnader i forbindelse med transport mellom stedene i prosjektene og kostnadsreduksjonen ved forskjellige transportavstander. Transport av masser inkludere både disponering av eksisterende dekker og gravemasser og nye gravemasser og dekker som brukes i prosjektet. Kostnaden per tonn fra transporttabellen (Fufa & Engelsen, 2018) er brukt i beregningene for kjøretøytype "Lastebil, > 32 tonn", hvor kostnaden avhenger av den vurderte avstanden (eksempelvis 31,4 kr/tonn for 10 km). For kjøretøytype "Lastebil, 16–32 tonn", er ytterligere 10 % av kostnader/tonn er inkludert i beregningene.

3.5.4 Teletining

Teletining består av energibruk innenfor byggegjerdet til teletining i anleggsperioden. Tre scenarier er vurdert for energitypen brukt for teletiningsmaskiner (se Tabell 4):

- *BaU*: diesel (BaU),
- *Alternativ 1*: biodiesel

- *Alternativ 2: elektrisitet*

Klimagassutslippsberegningene for teletining inkluderer transport av drivstoff for bruk på teletiningsmaskiner og drivstoffbruk under drift. Et estimat for mengde av energibehovet og type energibærer til teletining er gitt av Tromsø og gjennom innspill i intervjurundene, se Tabell 10.

Tabell 10. Forutsetninger tatt i betraktning ved beregning av energibruk

Antagelser	Mengde	Enhet
Antall maskiner som brukes til tinearbeide	1	Nr.
Oppvarming av 20*3 meter vei av gangen i en måned one month	350	W/m ²
Driftstid	8	timer/dag
Oppvarmingsområde	60	m ²
Kraftbehov	21	kWh/timer
Antall dager	20	dager/måned
Antall måneder	1	måned
Totalt effektbehov	3360	kWh

- **Klimagassutslipp fra transport av drivstoff (diesel og biodiesel)** til teletiningsmaskiner er beregnet i tCO₂ekv. som følger: *mengde av totalt drivstoffforbruk til maskiner (t) x transportavstand (km) x utslippsfaktor for transportmidler (tCO₂ekv/tkm)*.
 - Transport av drivstoff er antatt å bli transportert med dieseldrevet 16–32 tonn EURO 6 klasse lastebil. Klimagassutslippsfaktor for "Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {GLO}| market for | Alloc Rec, U" ble valgt som standard fra ecoinvent v3.6 databaser.
- **Klimagassutslipp fra drivstoff bruk til teletiningsmaskiner** er beregnet i tCO₂ekv. som følger: *totalt effektbehov til maskiner (kWh) x utslippsfaktor for drivstoff/ elektrisitetsforbruk av maskiner (tCO₂ekv/ kWh)*
 - "Well-to-wheel" utslippsfaktorene for diesel (3,24 kgCO₂ekv/liter) og biodiesel (1,92 kgCO₂ekv./liter) brukes fra NS-EN 16258:2012 (NS-EN 16258:2012, 2012). For elektrisk drevne maskiner brukes norsk utslippsfaktor (0,06kgCO₂ekv./kWh) fra NS 3720.

Antatte energipriser for beregningene baseres på referanseverdiene for 2022 vist i Tabell 7.

4. Resultater og diskusjon

4.1 Resultater fra scenarioanalysene

4.1.1 Generelt

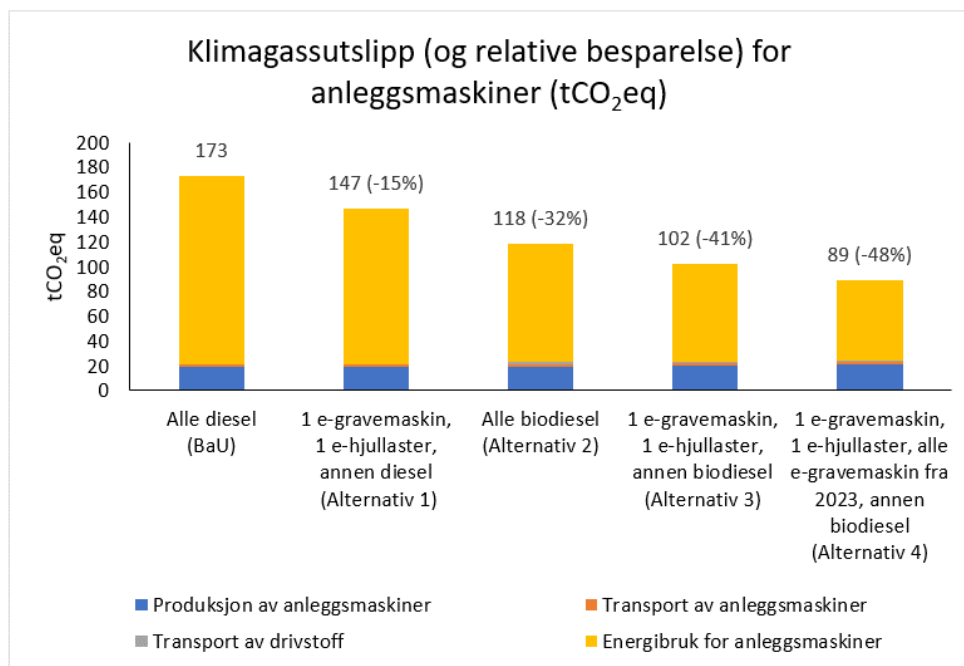
Totale klimagassutslipp, relative klimagassutslippsbesparelser og resultater fra merkestuds-analysene for anleggsmaskiner, transport av masser og energibruk til teletining er presentert for scenarioene som er vurdert i prosjektet.

4.1.2 Anleggsmaskiner

Klimagassberegningene for anleggsmaskiner for BaU og de fire potensielle scenarioene er vist i Figur 6. Ved å erstatte dieseldrevne anleggsmaskiner med biodiesel og elektriske drevne anleggsmaskiner er det mulig å redusere klimagassutslippene med 15–48 %, avhengig av hvilket alternativ man velger.

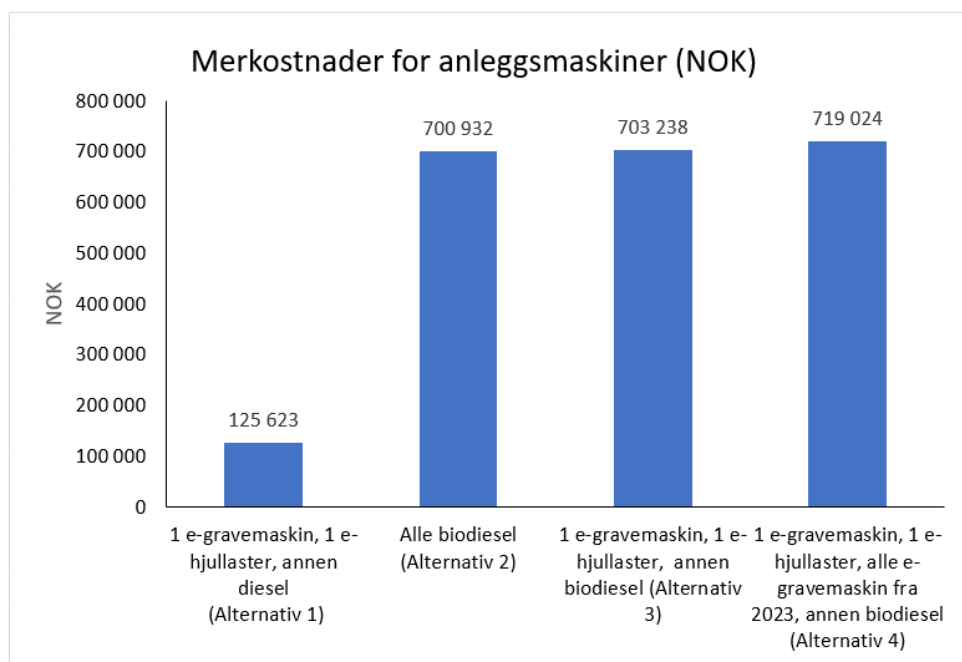
Resultatene illustrerer også at valg med 100 % biodrivstoffdrevne maskiner (alternativ 2), som er en fossilfri anleggsplass, kan gjøre det mulig å redusere opptil 32 % av klimagassutslippene sammenliknet med bruk av dieseldrevne maskiner. Imidlertid bør man vurdere begrensninger knyttet til kilden til biodiesel (førstegenerasjon eller andregenerasjon) og tilgjengelighet.

Av de fire alternative scenarioene (alternativ 1–4) er alternativ 4 det beste alternativet med tanke på klimagassutslippsreduksjon, altså en kombinasjon av bruk av alle tilgjengelige elektriske maskiner sammen med at de resterende maskinene går på biodiesel. Det kan bidra til å redusere ca. halvparten av klimagassutslippene fra anleggsmaskiner.



Figur 6. Resultater for klimagassutslipp for anleggsmaskiner for BaU og de fire scenarioene

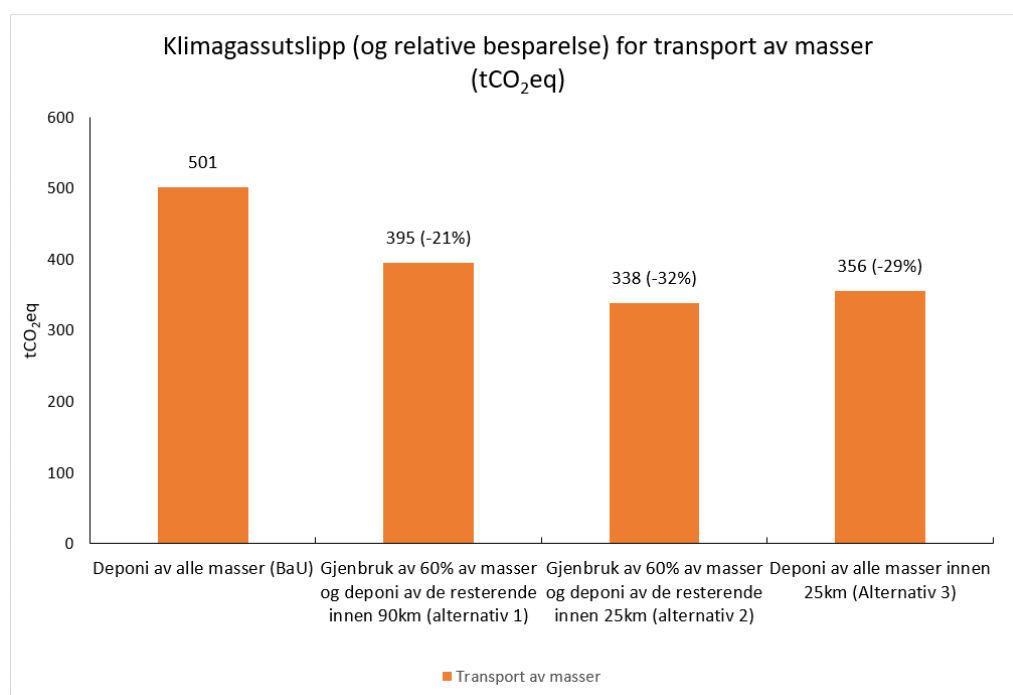
Resultatene fra merkestudsanalysen (Figur 7) viser at bruk av alle biodieseldrevne anleggsmaskiner (Alternativ 2) og kombinasjon av bruk av alle tilgjengelige elektriske maskiner sammen med de resterende biodieseldrevne maskiner (Alternativ 3 og 4) koster mellom 700 950–719 000 kroner ekstra for prosjektet. Da er det forutsatt referanse energipriser som vist i Tabell 7. Dette vil kunne se annerledes ut ved endringer i energiprisene, men selv med energipriser som vist i lavt scenario i Tabell 7 (høyere diesel- og biodieselpriiser og lavere strøm-kostnader), vil merkestudene for alternativ 2–4 fortsatt være på rundt 650 000 NOK.



Figur 7. Merkostnader for anleggsmaskiner for BaU og de fire scenarioene

4.1.3 Transport av masser

Figur 8 viser totale klimagassutslipp og relativ potensiell besparelse i klimagassutslipp fra transport av masser og produkter fra og til prosjektet for BaU og de tre mulige scenarioene.



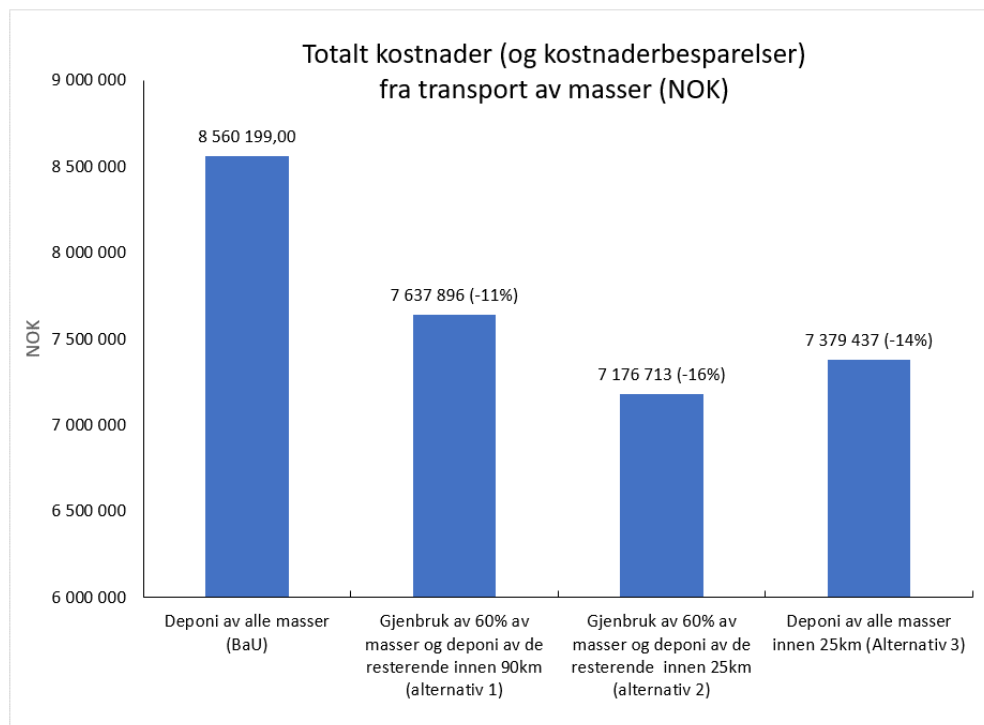
Figur 8. Resultater for klimagassutslipp for transport av masser for BaU og de tre scenarioene

Resultatet viser potensielle utslippsbesparelser mellom 106 og 163 tonn CO₂ekv. fra scenarioene vurdert for massetransport. Transport av mulig gjenbrukbare masser til mellomlager og transport av resterende masser til deponi innenfor 25 km (alternativ 2) er den beste løsningen (med potensielle klimagassutslippsbesparelser på ca. 163 tonn CO₂ekv. sammenliknet med BaU). Resultatet viser også at transport av alle masser og produkter til deponi innenfor 25 km (alternativ 3) er den bedre løsningen (med potensielle klimagassutslippsbesparelser på ca. 145

tonn CO₂ekv. sammenliknet med BaU), selv sammenliknet med scenarioene der gjenbruk av masser og transport av resterende til deponi er innenfor 90 km (alternativ 1).

Her skal det bemerkes at det i denne analysen kun er vurdert påvirkning fra transport av masser og produkter, noe som favoriserer scenarioene hvor kortere transportavstand vurderes. Den potensielle besparelsen i klimagassutslipp ved gjenbruk av masser ville vært tydeligere dersom påvirkningen fra produksjon av nye masser og deponi var inkludert i analysen.

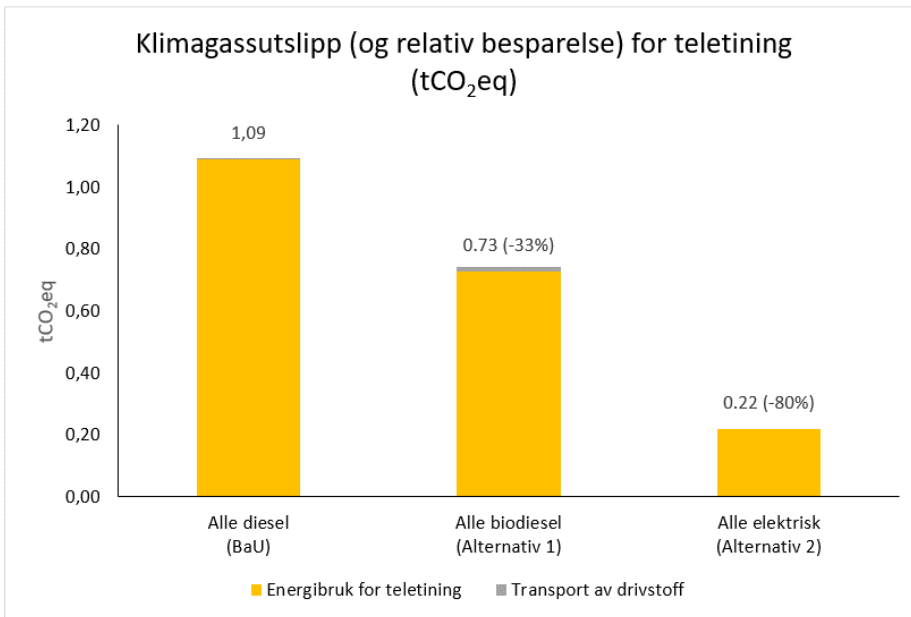
Resultatet fra total og relativ kostnadsanalyse (Figur 9) viser mulige kostnadsbesparelser mellom 922 300 og 1 383 500NOK fra scenarioene vurdert for massetransport. I likhet med resultatene for klimagassutslipp viser resultatet fra kostnadsanalysen at transport av mulig gjenbrukbare masser til mellomlager og transport av resterende masser til deponi innenfor 25 km (alternativ 2) er den beste løsningen (med potensielle kostnadsbesparelser på 1 180 750 NOK i forhold til BaU).



Figur 9. Resultatet fra kostnadsanalyse fra transport av masser for BaU og de tre scenarioene

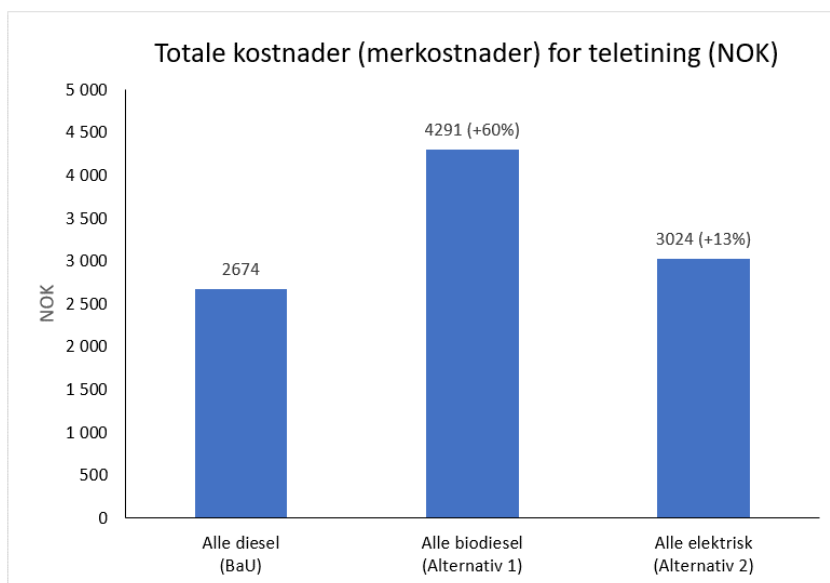
4.1.4 Teletining

Total og relativ besparelse av klimagassutslipp fra energibruk til teletining for BaU og de to mulige scenarioene er vist i Figur 10. Resultatene illustrerer at ved å erstatte dieseldrevne maskiner for teletining med fossilfrie (Alternativ 1 – biodieseldrevne maskiner) og utslippsfrie (Alternativ 2 – elektrisk drevne maskiner) alternativer er det mulig å redusere klimagassutslippene med henholdsvis 33 og 80 %. Disse utslippsberegningene inkluderer kun direkte utslipp fra energibruk i drift og ikke indirekte utslipp knyttet til produksjon eller transport av maskinene.



Figur 10. Klimagassutslippsresultater for teletining for BaU og de to scenarioene

Resultater fra merkostnadsanalysen av potensielle scenarier for energibruk til teletining vises i Figur 11.



Figur 11. Merkostnader for teletining for BaU og de to scenarioene

De totale og relative merkostnadene (Figur 11) viser at bruk av biodieseldrevet utstyr (Alternativ 1) for teletining kan gi ca. 60 % merkostnader, mens bruk av elektrifisering (Alternativ 2) kan gi ca. 13 % merkostnader sammenliknet med bruk av dieseldrevet utstyr for teletining. Dette viser også at fossilfrie løsninger (Alternativ 1) er dyrere enn utslippsfrie løsninger (Alternativ 2). Her skal det bemerkes at det ikke er medberegnet noen forskjell i effektiviteten til maskinene med hensyn til hvilken energikilde som brukes, noe som kan endre resultatet ettersom elektriske motorer antas å ha høyere effektivitet enn dieselmaskiner. Ved å benytte energipriser som vist i lavt scenario i Tabell 7 (høyere diesel- og biodieselpriiser og lavere strømkostnader), vil det elektriske alternativet (Alternativ 2) kunne komme bedre ut enn dieselalternativet (BaU).

Avklaring tidlig i prosjektet rundt tilgjengeligheten av prototypen av elektrisk utstyr (for Alternativ 2), som ble nevnt under intervjuet, kan gjøre det mulig å spare opptil et halvt tonn klimagassutslipp og redusere merkostnadene med 1 267 kroner sammenliknet med det fossilfrie alternativet (Alternativ 1).

4.2 Oppsummering av alle resultater

Tabell 11 oppsummerer alle resultater fra scenarioanalysene. Sammenliknet med bruk av konvensjonelle dieseldrevne anleggsmaskiner kan fossilfrie alternativer med bruk av biodieseldrevne anleggsmaskiner gjøre det mulig å redusere klimagassutslippene med opptil 55 tCO₂ekv. ved bruk av anleggsmaskiner. Bruk av alle mulig tilgjengelige utslippsfrie gravemaskiner og andre biodieseldrevne anleggsmaskiner kan redusere klimagassutslippene med opptil 84 tCO₂ekv. fra anleggsmaskiner. Det er derimot antatt at alternativene som har høye klimagassutslippsbesparelser, også vil medføre prosjektet en merkostnad. Merkostnaden er beregnet å være på mellom 125 600 og 719 000 NOK over prosjektperioden, men er sensitiv med tanke på variasjoner i energiprisene. Likevel ser vi at ved å justere for høyere diesel- og biodieselpriiser og lavere strømpriser, så utgjør innkjøpskostnaden en såpass stor andel av merkostnaden til utslippsfrie anleggsmaskiner at det fortsatt vil være en betydelig merkostnad for prosjektet Storgata nord.

Vurdering av alternative løsninger for transport av masser kan gjøre det mulig å redusere klimagassutslippene med inntil 163 tCO₂ekv. og kostnadsbesparelse på inntil 1 383 500 NOK.

Sammenliknet med bruk av konvensjonelle dieseldrevne utstyr for teletining kan fossilfritt utstyr gjøre det mulig å redusere klimagassutslippene med opptil 0,36 tCO₂ekv., og bruk av utslippsfritt utstyr kan redusere klimagassutslippene med opptil 0,87 tCO₂ekv.. Begge løsningene gir ekstra kostnader, med den høyeste kostnaden for det fossilfrie alternativet.

Sammenlikning av resultatene viser at det er størst potensial for besparelse av klimagassutslipp knyttet til tiltak rundt transport av masser, deretter til tiltak på anleggsmaskiner og til slutt tiltak på teletining. Det samsvarer også med innspillene som har kommet fram i dialogen med prosjektet og markedet. Det er antatt merkostnader for prosjektet ved alle tiltak på anleggsmaskiner og teletining, mens det er beregnet en kostnadsbesparelse for tiltak på transport av masser.

Tabell 11. Oppsummering av alle resultater fra scenarioanalysene

Anleggsmaskiner	Beskrivelse	Besparelse i klimagass-utslipp sammenliknet med BaU (tCO ₂ ekv)	Merkostnader sammenliknet med BaU (NOK)
Alternativ 1	1 e-gravemaskin, 1 e-hjullaster, annen diesel	26	125 622
Alternativ 2	Alle biodiesel	55	700 932
Alternativ 3	1 e-gravemaskin, 1 e-hjullaster, annen biodiesel	71	703 237
Alternativ 4	1 e-gravemaskin, 1 e-hjullaster, alle e-gravemaskiner fra 2023, annen biodiesel	84	719 024
Transport av masser	Beskrivelse	Besparelse i klimagass-utslipp sammenliknet med BaU (tCO ₂ ekv)	Kostnadsbesparelse sammenliknet med BaU (NOK)
Alternativ 1	Gjenbruk av 60 % av masser og deponi av de resterende innen 90 km	106	922 303
Alternativ 2	Gjenbruk av 60 % av masser og deponi av de resterende innen 25 km	163	1 383 486
Alternativ 3	Alle masser til deponi innen 25 km	145	1 180 762
Teletining	Beskrivelse	Besparelse i klimagass-utslipp sammenliknet med BaU (tCO ₂ ekv)	Merkostnader sammenliknet med BaU (NOK)
Alternativ 1	Alle biodiesel	0,36	1 617
Alternativ 2	Alle elektrisk	0,87	350

Når man vurderer å iverksette fossilfrie og utslippsfrie alternative løsninger, bør tilgjengelighet og høyere kostnader knyttet til HVO-biodiesel, elektriske maskiner, transport og infrastruktur avklares tidlig i prosessen med relevante aktører.

Resultatene fra klimagassutslipps- og kostnadsanalysen er avhengig av kvaliteten på inventar-dataene, forutsetningene og bakgrunnsdataen som brukes. Standardiserte metoder, med tydelig beskrivelse av systemgrenser og bakgrunnsdata, er brukt for å evaluere klimagassutslipp- og kostnadsbesparelspotensial til scenarioene vurdert i denne studien.

Denne studien er utført i en tidlig fase av prosjektet for å evaluere, planlegge og sammenlikne utslippsreduksjonstiltak. Videre studier er nødvendig for å gjennomføre faktisk evaluering av utslipp og kostnader for de valgte løsningene under og ved slutten av anleggsperioden. Evaluering av potensialet for utslippsbesparelse til fossilfrie alternative løsninger fra prosjektets totale klimagassutslipp (for eksempel, inkluderer påvirkningen fra produksjon av nye masser og deponi i analysen) vil også være relevant.

4.3 Sjekkliste

I denne studien har vi kartlagt de ulike fossilfrie og utslippsfrie alternativene for anleggsmaskiner, massetransport og energibruk for teletining. Tabell 12 viser en sjekkliste med tiltakspunkter som kan brukes som en veiledning videre i prosjektet. Det er viktig å vurdere tiltakspunktene for å realisere de alternative løsningene som er identifisert i denne studien. Sjekklisten er strukturert i henhold til de alternative løsningene som er skissert per anleggsplassaktivitet.

Tabell 12. Sjekkliste for å implementere de alternative fossilfrie løsningene

Sjekkliste	Scenarioer								
	Anleggsmaskiner				Transport av masser			Energibruk til teletining	
	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2
Tidlig diskusjon med alle aktører involvert i prosjektet for å avklare de utvalgte fossilfrie- og utslippsfrie løsningene	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Få godt estimat på anleggsplassens effekt/energibehov under drift	X	X	X	X				X	X
Tidlig dialog (minst 6 måneder) med leverandører av elektriske anleggsmaskiner for å få elektriske maskiner på forhånd	X		X	X					X
Forsikre seg om at anleggsmaskiner er klare til bruk	X	X	X	X				X	X
Følge opp plannene for tidlig tilretteleggelse av infrastruktur for elektrisitet for lading av de maskinene som vurderes i alternativscenarioene	X		X	X					X
Tidlig dialog (minst 2-3 måneder) med energileverandører om muligheter for å levere effektbehovet og tilgjengeligheten til nettinfrastruktur	X		X	X					X
Tidlig kontakt med leverandør av biodrivstoff for å avklare tilgjengelighet av nok HVO biodiesel til anleggsaktiviteter innen tidsrammen av prosjektet		X						X	
Avklare utfordringer knyttet til tilgjengelig deponi og mellomlagringsløsninger					X	X	X		
Avklar utfordringene knyttet til høyere kostnaden med bruk av elektriske anleggsmaskinene og HVO biodiesel sammenlignet med fossil diesel	X	X	X	X				X	X
Sjekk behovet og tilgjengeligheten av biodieseldistribusjonsinfrastruktur (f.eks. eksterne tanker eller containere på anleggsplassen)		X						X	
Vurdere muligheter for å implementere mulige energieffektiviseringstiltak (f.eks. redusere tomgangskjøring)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vurder muligheter for å optimalisere logistikken på byggeplassen (f.eks. levering av riktig utstyr/masse/materiale til rett tid)	X	X	X	X	X	X	X		
Måle det faktiske energi- og drivstofforbruket for å evaluere byggeplassens faktiske ytelse	X	X	X	X				X	X
Måle den faktiske transportavstanden for massetransport					X	X	X		

5. Konklusjon

Kartlegging og evaluering av tilgjengelige fossilfrie og utslippsfrie teknologier og løsninger fra anleggsplassaktiviteter i renoveringsprosjektet Storgata nord ble gjennomført i tett dialog med Tromsø kommune og andre aktuelle aktører i Tromsø. Resultatet fra kartleggingen viser at det er potensiell besparelse i klimagassutslipp ved alternative løsninger til dieselforbruk, men at dette også kan føre til en merkostnad for prosjektet.

Det beste alternativet for anleggsmaskiner med tanke på reduksjon i klimagassutslipp er en kombinasjon av å ta i bruk alle tilgjengelige elektriske maskiner sammen med at de resterende maskinene går på biodiesel (Alternativ 4). Det kan bidra til å halvere klimagassutslippene fra drift av anleggsmaskiner, men dette er også alternativet med høyest merkostnad på 719 000 NOK.

For transport av masser er det beste alternativet transport av mulig gjenbrukbare masser til mellomlager og transport av resterende masser til deponi innenfor 25 km (Alternativ 2), både for reduksjon i klimagassutslipp (ca. 163 tonn CO₂ekv., eller 32 %) og kostnadsbesparelser (1 180 750 NOK) i forhold til BaU.

Det beste alternativet for teletining med tanke på reduksjon i klimagassutslipp er elektrisk drevne maskiner (Alternativ 2), som gir en reduksjon på ca. 871 kg CO₂ekv., eller 80 % reduksjon. Dette kan gi en merkostnad på ca. 350 NOK, eller 13 % økning sammenliknet med bruk av dieseldrevet utstyr for teletining, i tillegg til at det er usikkerhet rundt tilgjengeligheten av denne løsningen.

Resultater fra denne studien kan brukes til å ta informerte beslutninger i valg av fossilfrie og utslippsfrie løsninger for anleggsplasser i Tromsø kommune. Tidlig involvering av relevante aktører og god planlegging og oppfølging kan gjøre det mulig å realisere de beste alternative løsningene som er identifisert i denne studien. Etersom Tromsø er en del av de syv store kommunene i Norge som jobber med å stille krav til fossilfrie- og utslippsfrie bygge- og anleggsplasser, kan erfaringene fra prosjektet også brukes som bakgrunn for å sette, følge opp og vurdere fossilfrie- og utslippsfrie alternative løsninger.

Referanser

- Bellona. (2019). *Med kraft skal landet bygges. Magasin om utslippsfrie byggeplasser*. Oslo: Bellona, 2019.
- Bellona Europa (2021, 26. mars). Norwegian cities lead the way in reaching zero-emissions in construction sites. Hentet fra <https://bellona.org/news/climate-change/2021-03-norwegian-cities-lead-the-way-in-reaching-zero-emissions-in-construction-sites>.
- Bymiljøetaten. (2020). *Utslippsfri anleggsplass. Bymiljøetatens erfaring med elektriske anleggsmaskiner i Olav Vs gate*. Oslo: Oslo kommune.
- Ecoinvent. (2016). *Ecoinvent Database v3.3*. Dübendorf: Swiss Centre for Life Cycle Inventories.
- Fufa, S. M. (2018). *GHG emission calculation from construction phase of Lia barnehage* (SINTEF Notes 29). Oslo: SINTEF Academic Press.
- Fufa, S. M. & Engelsen, C. J. (2018). *Miljøgevinst ved gjenvinning av overskuddsmaterialer generert i E16 (Bjørnum-Skaret) og fellesprosjektet Ringeriksbanen/E16 (FRE 16)* (SINTEF Rapport 2018:01335). Oslo: SINTEF.
- Fufa, S. M., Mellegård, S. E., Wiik, M. K., Flyen, C., Hasle, G., Bach, L., Gonzalez, P., Salberg Løe, E., & Idsøe, F. (2018). *Utslippsfrie byggeplasser – State of the Art. Veileder for innovative anskaffelsesprosesser* (SINTEF Fag 49). Oslo: SINTEF akademisk forlag.
- Fufa, S. M., Wiik, M. K. & Andresen, I. (2019). Estimated and actual construction inventory data in embodied GHG emission calculations for a Norwegian Zero Emission Building (ZEB) construction site. I P. Kaparaju, J. L. Littlewood, C. Ekanyake & L. Vlacic (Red.), *Smart innovation, systems and technologies*. Switzerland: Springer Nature.
- Fufa, S. M., Wiik, M. K., Mellegård, S. & Andresen, I. (2019). Lessons learnt from the design and construction strategies of two Norwegian low emission construction sites. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 352 (October): 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/352/1/012021>.
- Miljødirektoratet, Statens vegvesen, Kystverket, Landbruksdirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat & Enova (2020). *'Klimakur 2030: Tiltak og virkemidler mot 2030'* (Rapport M-1625) Oslo: Miljødirektoratet.
- Norsk Klimastiftelse, BKK & Sparebanken Vest (2016). *På vei mot fossilfri transport*. Bergen: Norsk Klimastiftelse.
- NS 3454:2013. (2013). *Livssyklus-kostnader for byggverk – Prinsipper og klassifikasjon*. Oslo: Standard Norge.
- NS 3720:2018. (2018). *Metode for klimagassberegninger for bygninger*. Oslo: Standard Norge.
- NS-EN 16258:2012. (2012). *Metode for beregning av og deklarerer av energiforbruk og klimagassutslipp for transporttjenester (vare- og persontransport)*. Oslo: Standard Norge.
- Oslo kommune. (2019). *Standard klima- og miljøkrav til Oslo kommunes bygge- og anleggsplasser*. Byrådssak 1091/19. Oslo: Oslo Kommune.
- Tromsø Kommune. (2021). *Klimasats – Søknad om støtte til klimasatsing i kommunene – 2021*. Søknad Referansenr.: 21SD1885. Tromsø: Tromsø kommune.
- Venås, C., Flyen, C., Fufa, S. M., Janné, M., Fredriksson, A., Brusselsaers, N., Mommens, K & Macharis, C. (2020). No or low emissions from construction logistics – Just a dream or future reality? *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 588 (November): 042003. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/4/042003>.
- Wiik, M. K., Fjellheim, K. & Gjersvik, R. (2022). *Erfaringskartlegging av krav til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser* (SINTEF Fag 86). Oslo: SINTEF akademisk forlag.
- Wiik, M. K., Fjellheim, K., Sandberg, E., Thorne, R., Pinchasik, D. R., Sundvor, I., Lekve Bjelle, E. & Gjersvik, R. (2022). *Utslippsfri byggeprosess i Oslo – Konsekvensutredning* (SINTEF Fag 89). Oslo: SINTEF akademisk forlag.

Wiik, M. K., Haukaas, N.O., Ibsen, J. I., Lekanger, R., Thomassen, R., Sellier, D., Sечи, O. O. & Suul, J. A. (2020). *Nullutslippsgravemaskin. Læringsutbytte fra elektrifisering av anleggsmaskiner* (SINTEF Fag 56). Oslo: SINTEF akademisk forlag.

Vedlegg 1: Intervjuguide - klimagassreduksjon i anleggsfasen for Storgata Nord i Tromsø

Som vi skrev i forespørselen: I forbindelse med rehabiliteringsprosjektet Storgata Nord i regi av Tromsø kommune, er SINTEF leid inn for å bistå i vurdering av klimagassreducerende tiltak i anleggsfasen. Klimagassreducerende tiltak kan både være teknologiske løsninger på maskinparken som bruk av elektrisitet og biodrivstoff i stedet for fossilt drivstoff, men det kan også være reduksjon av massetransport, reduserte transportavstander og lokalt ombruk.

Vi gjør notater fra intervjuet, som vi sender tilbake til deg for gjennomlesning og innspill. Ingen direkte sitater vil bli brukt i notatet til Tromsø kommune uten at vi har sjekket med deg. Du vil når som helst kunne be om at dine innspill trekkes fra studien. Godkjenner du bruken av informasjonen slik vi har beskrevet det?

Du vil kun bli spurt om et utvalg av spørsmålene nedenfor som er relevant for deg og din bedrift.

Introspsørsmål: Kan du fortelle kort om ditt selskap, og din rolle i selskapet?
Hvordan er dere engasjert i utslippsfrie byggeplasser?

Generelt

Hvilken forretningsmodell har din bedrift (utleie av maskiner, eie maskiner for prosjektgjennomføring, videreselger, etc.)

Hvor mange maskiner, av hvilken type og størrelse har dere i dag?

Har dere en ambisjon om å øke andelen fossilfri og utslippsfrigrad i dere maskinpark?

Er det andre aktører dere mener vi bør kontakte?

Tilgang på utslippsfritt og/eller fossilfritt utstyr

Fossilt

Hvor får dere lever fossilt drivstoff fra?

Hva er pris for bruk av fossile anleggsmaskiner? (utleiepris, driftskostnader etc.)

Fossilfritt

Hvor mange maskiner har dere i dag som går på fossilfritt (biodrivstoff)?

Hvilken størrelse og type maskiner har dere som går på fossilfritt?

Hvordan er tilgangen på biodrivstoff?

Hvor får dere levert biodrivstoff fra?

Hva er pris for bruk av fossilfrie anleggsmaskiner? (utleiepris, driftskostnader etc.)

Har dere planer om å skaffe flere fossilfrie maskiner, og når?

Av planlagte innkjøpt, hvilken størrelse og type fossilfrie maskiner?

Hva er utfordringen med å innkjøp og bruk av fossilfrie maskiner?

Utslippsfritt

Hvor mange maskiner har dere i dag som går på utslippsfrie kilder (elektrisitet, hydrogen)?

Hvilken størrelse og type maskiner har dere som går på utslippsfritt?

Hva er pris for bruk av utslippsfrie anleggsmaskiner? (utleiepris, driftskostnader etc.)

Har dere planer om å skaffe flere utslippsfrie maskiner, og når?

Av planlagte innkjøpt, hvilken størrelse og type utslippsfrie maskiner?

Hva er utfordringen med å innkjøp og bruk av utslippsfrie maskiner?

Kan man transportere maskiner fra andre steder i landet?

*Hvor vil det transporteres fra og hvilket transportmiddel vil benyttes?
Hva vil kostnaden bli for tilleggstransport?*

Tilgang på energi (effekt og varme)

Elektrisitet

Hva er tilgjengelig effekt ved Storgata-Nord?

Er det tilgjengelig 400V?

Hvor mange inntak er det i nærheten av anleggsområdet?

Er det planlagt oppgraderinger av nettet i området?

Har nettselskapet blitt involvert i tidligfase planlegging av anleggsområdet ift. tilgjengelig energi og effekt?

Elektrisitet/batteri

Vil det være behov for batteri for å avlaste nettet?

Er det tilgjengelig teknologi for Storgata-Nord prosjektet?

Varme

Hva er tilgjengelig effekt ved Storgata-Nord?

Vil det være mulig å benytte fjernvarme til tining/bakkevarme i anleggsfasen?

Vil det være mulig å koble på eksterne løsninger for dette arbeidet?

Hvilke alternative løsninger for tining/bakkevarme er tilgjengelig for Storgata-nord prosjektet?

Eksisterer disse løsningene som fossile, fossilfrie og/eller utslippsfrie løsninger?

Hva er energi/effektbehovet ved utslippsfri løsning?

Hva er energibehovet ved fossil og fossilfri løsning?

Hvordan er tilgangen på biodrivstoff?

Hvor får dere levert biodrivstoff fra?

Prosjektet Storgata-Nord

Vil det være mulig å gi et overslag på behovet for antall og type maskiner i prosjektet?

Vil det være mulig å gi et overslag på behovet for antall og type kjøretøy i prosjektet?

Storgata nord-prosjektet i Tromsø

KLIMATILTAKSANALYSE FOR ANLEGGSSFASEN

Tromsø kommune skal renovere Storgata nord og har engasjert SINTEF Community for å kartlegge mulige tiltak for å redusere klimagassutslipp i anleggsfasen.

I dette notatet presenterer vi resultatene fra kartleggingen. Bruk av alternative fossilfrie eller utslippsfrie løsninger for anleggsmaskiner, massetransport og teletining kan gi en reduksjon av klimagassutslipp på 133–247 tCO₂ekv. Kartleggingen viser også en potensiell merkostnad på 125 950 – 720 650 NOK ved bruk av alternative fossilfrie eller utslippsfrie anleggsmaskiner og teletiningsløsninger, men også mulige kostnadsbesparelser på 922 300 – 1 383 500 NOK for massetransportløsninger.

Prosjektet er finansiert av Miljødirektoratet gjennom ordningen Klimasats.