

KLIMAGASSBEREGNING OG LIVSSYKLUSKOSTNADER

Fremtidens avfallshåndtering for Grønlikaia

HAV EIENDOM AS



UTFØRENDE: MARIE SVEEN OLSEN OG MARIE KARVEL KYLLINGSTAD
KONTROLL: SIV HILDE BJØRKKJÆR OG SARA GRÆSLI
TREDJEPARTSKONTROLL: ANDREA ARNTZEN NISTAD OG SOFIE MØLLER

SWECO NORGE AS
SWECO NORGE AS
ASPLAN VIAK AS

REVISJONSHISTORIKK

VERSJON 01: 07.02.2022

VERSJON 02: 07.10.2022

VERSJON 03: 26.04.2023

VERSJON 04: 19.06.2023

Suppleringer etter spørsmål fra Oslo Kommune, se diskusjonskapittel.

Rapporten er korrigert etter innspill fra REG og fra leverandører. Rapporten er oppdatert med klimagassutslipp fra hele livsløpet for renovasjonsbiler (materialproduksjon, batteri, vedlikehold, direkte og indirekte utslipp fra drivstoff / strøm) iht. litteratur fra februar 2023. Inndata er justert etter vekt på bil mottatt fra REG per epost. Inndata for terminalbygget er korrigert med prosjektspesifikk data, og inndata på nedgravde containere er kontrollert opp mot kilden. Oppdaterte tall på avfallsstrømmer og priser på henting er oversendt fra REG og oppdatert i denne versjonen.

Rapporten er oppdatert etter skrivefeil på side 8. Det skal stå at renovasjonsbil har levetid på 7 år og krokobil har levetid på 10 år. Det er dette som er lagt til grunn i beregningene, ikke motsatt slik det sto skrevet på side 8 i versjon 03. Utslippsfaktorene i Vedlegg 1 er riktige slik de sto i forrige versjon.

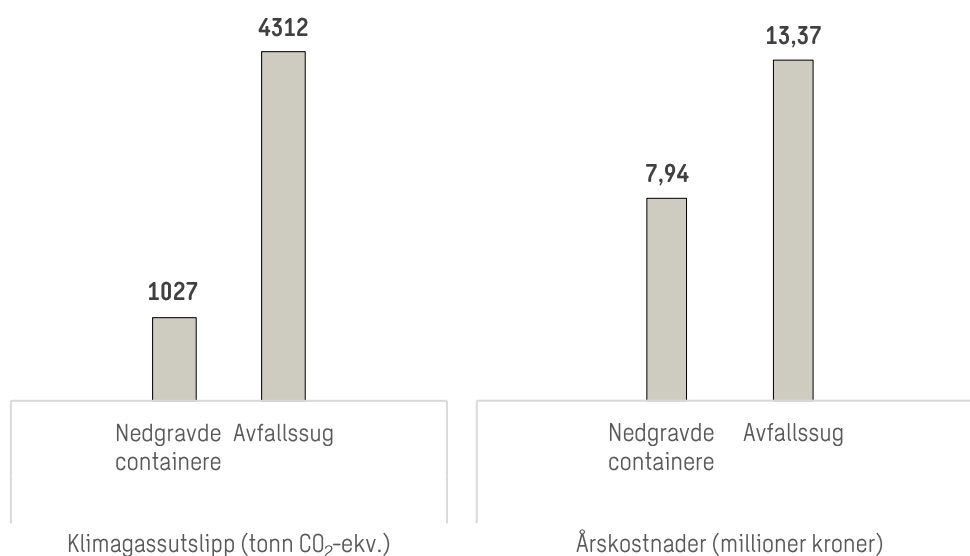
Sammendrag

Grønlikaia er et havneareal ved Oslofjorden som skal utvikles til næring, boliger og kontorer. For å vurdere ulike løsninger som samsvarer med sirkulær økonomi og klimagassutslipp ønsket Hav Eiendom å se på hvilken avfallsløsning som er best egnet for området. Sweco har derfor gjort en vurdering av klimagassutslipp og livsløpskostnader (LCC) knyttet til to alternative avfallsløsninger: nedgravde containere og avfallssug. Denne rapporten beskriver hvordan vurderingen er gjort og resultatet fra denne vurderingen.

Klimagassberegningene er utført iht. metode og prinsipper fra ISO 14044:2006 og NS 3720, og metode for LCC er utført iht. NS 3454. Inndata som ligger til grunn for beregningene er basert på informasjon fra REG, Bjørvika Infrastruktur og leverandører. Oppdaterte avfallsmengder for begge avfallsløsningene, størrelse på containere og informasjon om renovasjonsbiler er basert på informasjon oversendt av REG (per mail 28.02.2023). Strømforbruk knyttet til avfallshåndtering for avfallssug er et gjennomsnitt av tall fra REG og leverandør (Envac), og drivstoffsammensetning er basert på tall fra REG (oversendt per mail 22.11.2021) og fremtidig antatt utvikling (Oslo kommune, The International Council on Clean Transportation). Oversikt over inndata og kilder finnes i Vedlegg 1.

Resultatene som er oppsummert i grafene under viser at med de forutsetningene som er gitt for Grønlikaia vil en tradisjonell nedgravd løsning komme best ut både i et klimagassperspektiv og i et livssyklus kostnadsperspektiv. Klimagassberegningene viser at avfallssug har et totalt klimagassutslipp over 60 år på ca. 4 312 tonn CO₂-ekv, mens nedgravde containere har et totalt klimagassutslipp over 60 år på ca. 1 027 tonn CO₂-ekv. Dette tilsvarer en reduksjon på 76 %.

Ved beregning av livssyklus kostnader fremkommer det at årskostnaden for avfallssug og nedgravde containere er henholdsvis 13,37 millioner kroner og 7,94 millioner kroner. Dette tilsvarer en reduksjon på 41 %. Resultatene for kostnader og klimagassutslipp bør sees i sammenheng med de totale kostnader og utslipp for utbyggingsområdet som helhet.



For faktorer som har stor innvirkning på de totale resultatene er det gjort sensitivitetsanalyser. Det er blant annet sett på hvordan ulike sammensetninger av drivstoff til renovasjonsbiler (biodrivstoff, diesel og elektrisitet) og på hvordan energipriser påvirker resultatene. Det bemerkes at analysen ikke omfatter klima- og kostnadsbelastning av driftsstans for avfallssug.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	1
1.1	Om utredningsområdet	1
1.2	Klimamål for Oslo	2
2	Beskrivelse av løsningene og systemgrenser	3
2.1	Dagens situasjon	3
2.2	Alternativ 1: Nedgravde containere	4
2.3	Alternativ 2: Avfallssug	5
3	Klimagassberegninger	7
3.1	Klimagassutslipp per fase for de to alternativene	9
3.2	Klimagassutslipp per ressurs for de to alternativene	10
3.3	Sensitivitetsanalyse	10
3.3.1	Utslippsintensitet for elektrisitet	10
3.3.2	Energibruk per tonn avfall i avfallssuganlegg	12
3.3.3	Drivstoffsammensetning	13
4	Livssyklus kostnader	16
4.1	Årskostnader	16
4.2	Sensitivitetsanalyse	17
5	Besparelser av å stoppe utbyggingen av infrastruktur til avfallssug	18
5.1	Klimagassbesparelse	19
5.2	Kostnadsbesparelse	19
6	Diskusjon	20
7	Konklusjon og videre arbeid	24
8	Kilder	25
9	Vedlegg	25

1 Innledning

For Grønlikaia jobber Hav Eiendom etter innsikt og metode kalt DEiG (Doughnut Economics i Grønlikaia)¹. Dette innebærer at man jobber med en helhetlig tilnærming som søker å ivareta både sosiale og økologiske hensyn på lokalt og globalt nivå. Hav Eiendom ser derfor spesielt på løsninger og forhold som kan redusere klimagassutslipp nå og i fremtiden. For å vurdere ulike løsninger som samsvarer med sirkulær økonomi og klimagassutslipp ønsket Hav Eiendom å se på hvilken avfallsløsning som er best egnet for området.

Sweco har på oppdrag for Hav Eiendom, beregnet klimagassutslipp og livsløpskostnader for to ulike løsninger for avfallshåndtering for Grønlikaia. De to løsningene som sammenlignes er nedgravde containere og avfallssug, der klimagassutslipp og kostnader over en analyseperiode på 60 år er kvantifisert. En analyseperiode på 60 år er standard for bygninger, og er bakgrunnen for valgt analyseperiode. Levetider for komponentene som inngår i de to løsningene for avfallshåndtering, er nærmere beskrevet i Vedlegg 1.

Metode for klimagassberegningene er utført iht. ISO 14044:2006 og NS 3720 og metode for LCC er utført iht. NS 3454. Renovasjon- og gjenvinningsetaten (REG) har bistått med inndata på begge løsningene. Innspillene fra REG er deretter oversendt til Envac og Namdal Ressurs for å supplere med ytterligere info på de punktene REG ikke hadde underlag på. I de tilfeller der det er oppgitt forskjellig inndata fra to eller flere kilder er det brukt et gjennomsnitt av disse to. Dette for å sikre de mest sannsynlige scenariene og ikke ytterpunktene.

1.1 Om utredningsområdet

Hav Eiendom skal utvikle området innerst i Bjørvika og området på Grønlikaia i Oslo sentrum. Det skal utvikles næringslokaler og boliger, barneskole og en havnepromenade plassert lengst ut mot sjøen. Det skal være et tydelig skille mellom byens aktive promenade og nabolagets mer skjermede arealer.



Figur 1: Illustrasjon fra havnepromenaden på Grønlikaia (kilde: Esra Røise)

¹ https://haveiendom.no/wp-content/uploads/DEiG-rapport_lr.pdf

Håndtering av avfall og valg av avfallsløsning er en av vurderingene som utføres i forbindelse med utviklingen av Grønlikaia. Avfallsfraksjoner- og strømmer er ulike for bolig- og næringsavfall, og i reguleringsplanen er det bestemt at næringsavfall for området ikke skal betjenes av avfallssug. Denne analysen undersøker derfor kun renovasjonsløsning for boligarealene.

Utviklingen av Bjørvika har pågått i flere år og infrastrukturen som kreves for avfallssug er delvis etablert. Det eksisterer allerede infrastruktur for avfallssugsystem i Operagata ved Stasjonsallmenningen og delvis i Rostockgata, se kapittel 2.1. Et oversiktsbilde over området er vist i Figur 2.



Figur 2: Oversikt over utviklingsområdet. Kilde: Hav Eiendom

Grunnforholdene for planområdet er i denne analysen ikke vurdert, og det vises til undersøkelser og rapporter utført av fagkyndige for informasjon om grunnforhold og tilstandsklasser. Det er ikke i denne vurderingen hensyntatt at masser kan være forurensede, da omfanget av dette er usikkert.

1.2 Klimamål for Oslo

Ifølge «Klimastrategi for Oslo mot 2030» skal Oslos klimagassutslipp reduseres med 95 % sammenlignet med klimagassutslippet i 2009. Et av virkemidlene for å nå dette målet er at Oslo skal ha en kretsløpsbasert avfalls- og avløpshåndtering basert på ombruk, materialgjenvinning og energigjenvinning som ikke gir utslipp av klimagasser. Oslo kommune arbeider for å redusere avfallsmengden og øke materialgjenvinningen.

I Oslo kommune sin «Klimastrategi for Oslo mot 2030» er et av satsningsområdene at all tungtransport i Oslo skal være utslippsfri eller bruke bærekraftige fornybare drivstoff innen 2030

(Oslo Kommune, 2020). I bærekraftige fornybare drivstoff inkluderes blant annet biogass, elektrisitet og hydrogen.

Reduksjon av avfallsstrømmer og økt sorteringsgrad er ikke en del av denne analysen.

2 Beskrivelse av løsningene og systemgrenser

Det gjøres i denne rapporten en vurdering av hvilken avfallsløsning som er best egnet for dette spesifikke området med de gitte forutsetningene i et klimagassutslipps- og livsløpskostnads-perspektiv. Analysen inkluderer ikke næringsarealene i utbyggingsområdet.

2.1 Dagens situasjon

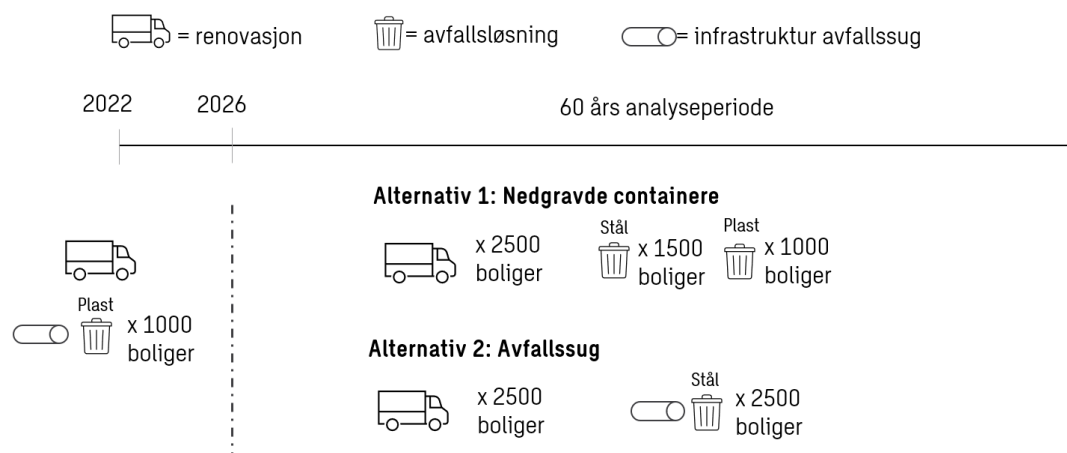
Det er tatt utgangspunkt i at løsningen skal betjene 1000 boliger som allerede er bygget og bebodd i Bjørvika, og ytterligere 1500 boliger som skal bygges på Grønlikaia. Ettersom løsningen for avfallssug enda ikke er operativ, har de 1000 eksisterende boligene en midlertidig løsning for renovasjon. Dette er tradisjonelle plastbeholdere som står i avfallsrom på hver av de aktuelle tomtene. Denne løsningen vil boligene benytte seg av frem til avfallssuganlegget står klart til bruk. Dersom det besluttes at området heller skal bygges ut for nedgravde containere for de resterende 1500 boligene, vil dagens løsning fortsette å betjene de eksisterende boligene. Det arbeides også med infrastrukturen for avfallssug for de eksisterende 1000 boligene, og alle klimagassutslipp og kostnader knyttet til dette er holdt utenfor analysen, da dette vil forekomme uavhengig av valgt løsning. Alle utslipp knyttet til utbygging av infrastruktur for avfallssug for de kommende 1500 boligene er vurdert i analysen, herunder utslipp fra anleggsarbeider, massehåndtering og materialutslipp.

Utbyggingen av Grønlikaia skal være ferdig innen 2026, og det er derfor i denne analysen sett på to ulike løsninger for avfallshåndtering fra og med 2026 og 60 år frem i tid. All utbygging og tilhørende kostnader og klimagassutslipp som har påløpt fra 2022 og frem mot 2026 (som tilhører de eksisterende 1000 boligene), som følge av utbygging av infrastruktur til avfallssug, sees bort fra i denne analysen, da dette vil påløpe for begge alternativer. Kostnadene og utslippene fra 2022 til 2026, kan reduseres avhengig av hvilken beslutning for videre utbygging som tas. Dette er forklart nærmere i kapittel 5.

For begge løsninger er det antatt at utbygging skjer i år 2025 og at første driftsår er i 2026. Renovasjons- og gjenvinningsetaten (REG) legger premisser for antall nedkast, avfallsstrømmer og tømmefrekvens på avfall (REG, 2023) for begge løsninger. For begge løsninger er alle krav for antall nedkast og avstand til disse innfridd. Videre er det for begge løsninger hentet tall på etableringskostnader, forventede driftskostnader og levetider for å beregne utskiftningskostnader. Det er hentet inn mengder på gravearbeider, materialer og materialkvaliteter på begge løsninger, og der tall er mottatt fra flere leverandører er det brukt et snitt eller et tall som ligger i midten av erfaringstallene. I all hovedsak er utslipp fra produksjon av tekniske installasjoner ikke inkludert i analysen, hvilket gjelder for avfallssug der det bla. er komponenter i nedkast og mellomagringsenhet og utstyr ifm. komprimering av avfall. Hva gjelder utslipp fra renovasjon er det antatt en drivstoffsammensetning basert på REG sin bilpark per 2022. Denne er antatt å gjelde frem mot 2026 og det er etter dette beregnet klimagassutslipp for

flere drivstoffscenarier. Et utvidet utvalg av drivstoffscenarier er inkludert i kapittel 3.3. Systemgrensene er satt i henhold til dette.

Det er oppgitt levetider på de forskjellige komponentene som inngår i de to systemene i Vedlegg 1. Disse er mottatt fra leverandører og hentet fra datablader, og gir grunnlag for utskiftningsfrekvenser. Alle inngangsparametere, kostnader og utslippsfaktorer, er oppgitt med referanser og vist i Vedlegg 1. Her beskrives det hvilke prosesser og komponenter som inngår i hver av de to løsningene, hvilke verdier som er lagt til grunn for beregningene, utslippsfaktorer og øvrige antakelser. En illustrasjon av de to alternativene vises i Figur 3.



Figur 3: Illustrasjon av de to alternativene, avfallssug og nedgravde containere

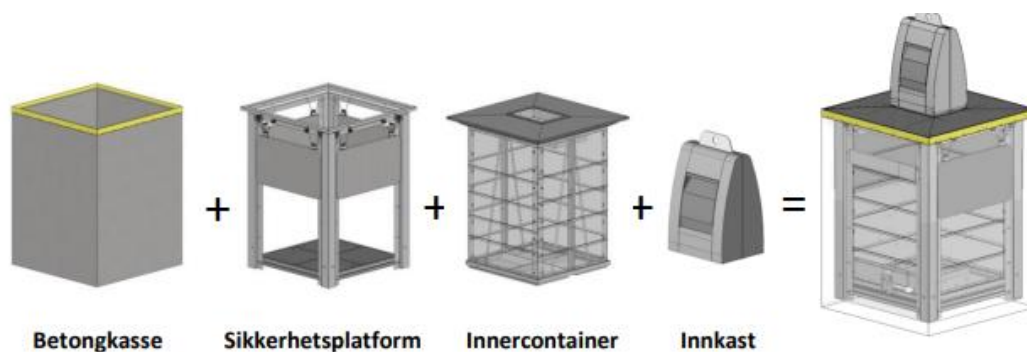
I de følgende delkapitler er de to løsningene beskrevet mer i detalj. Løsningene er omtalt som *Alternativ 1: Nedgravde containere* og *Alternativ 2: Avfallssug*. Renovasjonsbilene for Alternativ 1 omtales som *kranbil* og for Alternativ 2 som *krokbil* etter innspill fra REG (REG, 2023).

2.2 Alternativ 1: Nedgravde containere

En løsning for renovasjon er å bygge ut nedgravde containere for de resterende 1500 boligene og fortsette driften av plastbeholdere for de eksisterende 1000 boligene. Nedgravde containere, også kalt «dypoppsamlere» av Oslo kommune, fungerer ved at man har et innkast over bakken og en innercontainer under bakkenivå der avfallet mellomlagres. Innercontaineren er plassert i en betongkonstruksjon som er støpt fast i byggegropen ved utbygging. Containerne tømmes ved at en kranbil løfter nedkast med tilhørende innercontainer som åpnes i bunn for at avfallet kan slippes ned i renovasjonsbilen. Antallet og størrelse containere er dimensjonert iht. underlag oversendt fra REG (per mail 28.02.2023).

Tømmefrekvens for restavfall (inkl. plast og matavfall) er én gang per uke og én gang hver andre uke for papiravfall. Denne tømmefrekvensen gjelder også for plastbeholderne. De nedgravde containerne er antatt å være på 5000 liter og plastbeholderne på 660 liter. Størrelse og

tømmefrekvens er dimensjonert iht. underlag oversendt fra REG (per mail 28.02.2023). Nedkast og containere er av stål, og Figur 4 illustrere hvordan nedgravde containere ser ut. Containerne vurdert i denne analysen har ikke komprimering. Avfallet fraktes til videre sortering og behandling på Haraldrud i Oslo. Det er ikke medtatt behandling og bearbeiding av avfallet på Haraldrud i denne analysen for hverken nedgravde containere eller avfallssug, og det er antatt at viderebehandling av avfall vil være likt for begge alternativer, forutsatt at forbruker sorterer avfall likt uavhengig løsning



Figur 4: Prinsippskisse for nedgravd container / dypoppsamler. Bossug

2.3 Alternativ 2: Avfallssug

Ved etablering av avfallssug kastes avfall inn i nedkast, men lagres så midlertidig i en mellomlagringsenhet før avfallet fraktes via et rørsystem til et terminalbygg. Ved behov, kaller terminalbygget på ulike fraksjoner av avfall (rest, matavfall, plast og papir) og avfallet fraktes etter tur fra mellomlagringsenheten, gjennom et rørsystem og til en stor container i terminalbygget. Det er derfor fire containere på 30 m³ (30 000 liter) for de fire avfallsfraksjonene i terminalbygget. Containerstørrelser er oppgitt fra Envac per e-post (02.12.2021). Mengden avfall er oversendt fra REG per epost (28.03.2023). Det er vanlig for slike systemer at avfallet komprimeres slik at en større mengde avfall kan lagres i containeren før containeren hentes og bringes til behandlingsanlegg for avfall. Alle avfallsfraksjoner komprimeres med unntak av matavfall. Komprimeringsgraden er oppgitt av Envac per e-post (02.12.2021). Det antas for dette alternativet at avfallet fraktes til Haraldrud i Oslo for videre behandling. Også for avfallssug er nedkast og mellomlagringsenhet i stål. Figur 5 viser hvordan et avfallssugsystem kan se ut.



Figur 5: Prinsippskisse - stasjonært avfallssug. Kilde: Envac

Infrastrukturen mellom nedkast og terminalbygg omtales som et rørnett, der sidenett kobler alle nedkastene 'på' hovednettet, som går direkte til terminalbygget. Både sidenett og hovednett legges ifm. med øvrig infrastruktur (bla. VA og el) og er et 6,3 mm tykt stålrør med diameter på 0,5 meter.

Det er allerede bygget ut ca. 477 meter infrastruktur og prosjektert for 267 meter som skal legges i nærmeste fremtid (inkludert sidenett). Dette vil betjene de eksisterende 1000 boligene som ligger nord for en potensiell avfallsterminal. Videre må det legges 890 meter infrastruktur sør for terminalen for å betjene de resterende 1500 boligene på Grønlikaia.

Det som omtales som «terminalbygget» videre i analysen er i praksis en førsteetasje med BTA 1220 m². Underlaget på terminalbygget er prosjekteringstegninger og kalkyle utarbeidet av Bygganalyse for Hav Eiendom til Bjørvika felt D5. Avfallsterminalen er konstruert slik som beskrevet i kalkyle fra Bygganalyse.

Klimagassutslipp fra fundamenteringen er beregnet med verktøyet One Click LCA som beregner gjennomsnittlig utslipp fra andre prosjekter med lignende grunnforhold.

Bilde Figur 6 er foreløpige tegninger fra L2 Arkitekter, datert 07.06.2017, og viser beliggenhet og arealer av terminalbygg i tillegg til andre funksjoner i samme bygg.



Figur 6: Utklipp fra foreløpige skisser fra L2 Arkitekter datert 07.06.2017 som viser avsatte arealer til avfallssugterminal for felt D5 - Bispevika

Se Vedlegg 2 for detaljer om terminalbygget. Det brukes energi for å frakte avfallet fra mellomlagringsenhetene til terminalbygget gjennom rørnett og ved komprimering av avfall. Generelt sett er avfallssug en mer teknologisk løsning enn nedgravde containere, der det er flere tekniske komponenter, som komprimatorer, vifter mm. i terminalbygget, og i mellomlagringsenheten kreves det teknologi for å åpne/lukke. De tekniske komponenter i selve nedkast- og mellomlagringskonstruksjonen er holdt utenfor analysen da det ikke er oppgitt tall fra leverandører på priser eller type komponenter.

Det er ikke gjort noen vurderinger til kapasitet for reserveløsning ved driftsstans, og dette er i sin helhet holdt utenfor analysen. Det er heller ikke utført sensitivitetsanalyse på materialer – eller materialkvaliteter i terminalbygget, grunnet strenge lydkrav. Det bør generelt sees på hvordan slike terminalbygg kan bygges på en mest mulig bærekraftig måte.

3 Klimagassberegninger

Klimagassberegninger er utført iht. metode for livsløpsanalyser, der alle klimagassutslipp fra og med materialeproduksjon (A1-A3), transport av materialer (A4), byggeplass og utbygging (A4-A5), drift, vedlikehold og utskiftning (B4-B5) er medtatt, med en analyseperiode på 60 år. I tillegg omfatter analysen renovasjon av avfall, som for avfallssug også innebærer energibruk for å frakte avfall gjennom rørsystemet til terminalbygget. Systemgrensen er satt til der avfallet leveres til Haraldrud for videre behandling og den funksjonelle enheten er 'et avfallshåndteringsystem for 2500 boliger med 60 års drift'. For klimagassberegninger av alle masser og anleggsarbeider er Statens Vegvesen sitt verktøy VegLCA v. 5.01 benyttet, som tar utgangspunkt i den samme metodikken. For avfallssug må også klimagassutslipp fra terminalbygget med, og det er benyttet One Click LCA som er iht. NS 3720 Metode for klimagassberegninger i bygninger. Resultatene er i

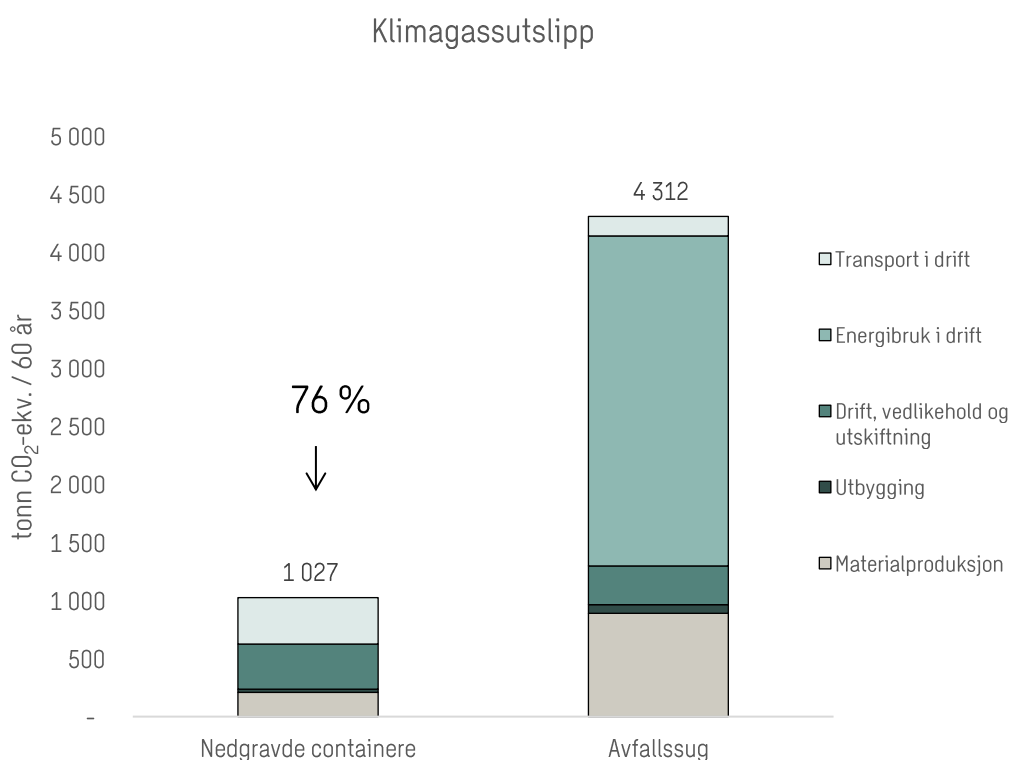
hovedsak presentert med NO+EU28 iht. NS 3720 for elektrisitet, men vises også for norsk utslippsintensitet (NO) etter standarden. Se Vedlegg 6 for begrunnelse på hvorfor Sweco fremstiller NO+EU28 for elektrisitet som hovedscenario.

Klimagassutslipp fra renovasjonsbiler er basert på en livssyklusanalyse utført av «The International Council on Clean Transportation» fra februar 2023, *A life-cycle comparison of the greenhouse gas emissions from combustion, electric, and hydrogen trucks and buses in Europe*. Studien tar for seg klimagassutslipp fra tungtransport og omfatter klimagassutslipp fra hele kjøretøyets livsløp, det vil si alle utslipp fra uttak av råvarer, produksjon av kjøretøy, vedlikehold av kjøretøy, produksjon av drivstoff og indirekte utslipp knyttet til produksjon av elektrisitet. Klimagassutslipp oppgis i rapporten som gram CO₂ per km, slik at klimagassutslipp ifm. renovasjon er direkte påvirket av hvor langt renovasjonsbilene må kjøre i de to alternativene. Utslippene er også korrigert for vekt for de to typene renovasjonsbiler, med informasjon på egenvekt og nyttelast for de ulike bilene oversendt fra REG. Denne analysen beskriver at slike kjøretøy har en typisk levetid på 20 år, men etter innspill fra REG er levetiden satt til 7 år for renovasjonsbil (for nedgravde containere) og 10 år for krokbil (for avfallssug) basert på driftserfaring. Utslipp knyttet til containeren på renovasjonsbilen er medregnet.

Det er ikke tatt med utslipp knyttet til biler eller drivstoff som brukes som reserveløsning for avfallssug. Det er i beregningene ikke medregnet noen kostnader eller utslipp knyttet til reserveløsning. Se en fullstendig oversikt på metodikk, inndata og antakelser for beregningene i Vedlegg 1 og Vedlegg 2. I Vedlegg 3 ligger det flere grafer og tabeller enn det som er fremstilt i dette kapittelet.

3.1 Klimagassutslipp per fase for de to alternativene

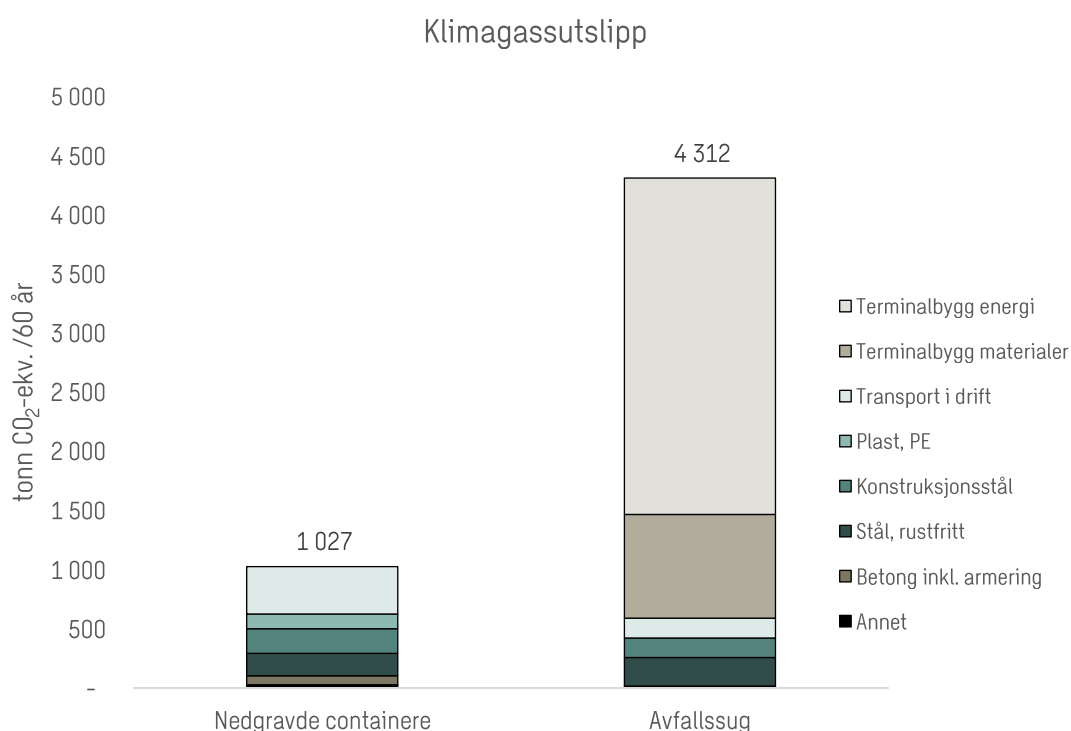
Figur 7 viser at avfallssug har et totalt klimagassutslipp over 60 år på 4 312 tonn CO₂-ekv., mens nedgravde containere har et totalt klimagassutslipp over 60 år på 1 027 tonn CO₂-ekv.. Det kommer også frem at energibruk i drift er den fasen som har høyeste utslipp for avfallssug, etterfulgt av materialproduksjon. For nedgravde containere er det transport i drift som står for den største andelen av utslippene.



Figur 7: Klimagassutslipp per fase for de to alternativene

3.2 Klimagassutslipp per ressurs for de to alternativene

Figur 8 viser hvordan utslippene fordeler seg fremstilt per ressurs. Det kommer frem at energi og materialer i forbindelse med terminalbygget har de største andelen av utslippene. Det er også inkludert en tabell i Vedlegg 3 for å vise de eksakte utslippene.



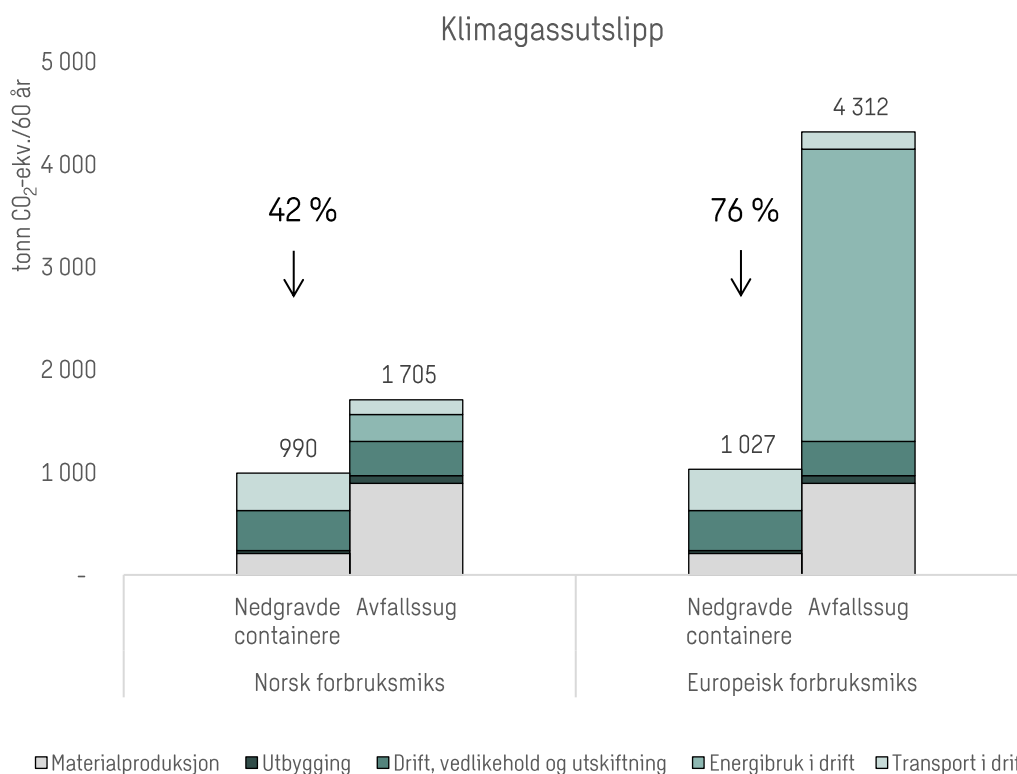
Figur 8: Klimagassutslipp per ressurs for de to alternativene

3.3 Sensitivitetsanalyse

For faktorer som har svært stor påvirkning på resultatene er det gjort en sensitivitetsanalyse.

3.3.1 Utslippintensitet for elektrisitet

Resultatene er presentert for NO og NO+EU28 iht. NS 3720, som er ulike scenarier for utslippintensitet 60 år frem i tid. Figur 9 viser hvor stor innvirkning valg av utslippintensitet på elektrisitet vil ha på de totale utslippene over livsløpet for avfallssug. Nedgravde containere kommer i begge alternativene for elektrisitet ut med mindre klimagassutslipp enn avfallssug. Reduksjonen for nedgravde containere sammenlignet med avfallssug med norsk og europeisk utslippintensitet er henholdsvis 42 % og 76 %.



Figur 9: Klimagassutslipp med forskjellige utslippintensiteter for elektrisitet, iht. NS 3720

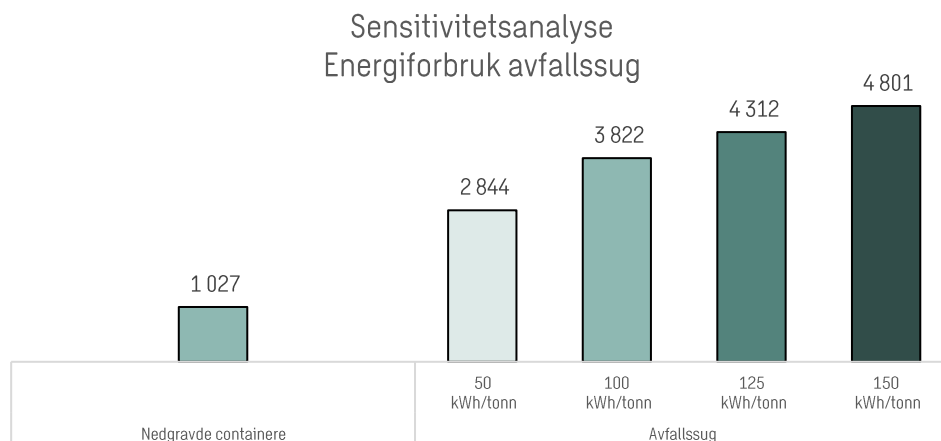
Figur 9 viser en oversikt over utslippene for hver ressurstype regnet ut for begge scenarier for forbruksmiks 60 år frem i tid. Dette gjelder i hovedsak energibruk i drift og transport i drift.

Tabell 1: Oversikt utslipp per ressurs i tonn CO₂-ekv.

	NO iht. NS 3720		NO+EU28 iht. NS 3720	
	Nedgravde containere	Avfallssug	Nedgravde containere	Avfallssug
	[tonn CO ₂ -ekv./ 60 år]		[tonn CO ₂ -ekv./ 60 år]	
Anleggsmaskiner	11	5	11	5
Massetransport	16	11	16	11
Betongelementer	65	-	65	-
Stål, armering	11	-	11	-
Stål, rustfritt	189	242	189	242
Konstruksjonsstål	209	164	209	164
Plast, PE	124	-	124	-
Terminalbygg materialer	-	876	-	876
Terminalbygg energi	-	260	-	2 845
Transport i drift	365	146	402	168
Sum	990	1 705	1 027	4 312

3.3.2 Energibruk per tonn avfall i avfallssuganlegg

Det er undersøkt hvordan energiforbruket til avfallssuganlegget per tonn avfall vil påvirke resultatene. REG oppgir et forbruk på 150 kWh per tonn avfall, og leverandør har oppgitt at de har anlegg som ligger under 100 kWh per tonn avfall. Det er derfor sett på hvordan det vil påvirke resultatene med et energiforbruk på 50, 100, 125 og 150 kWh per tonn avfall. Det er i analysen brukt 125 kWh per tonn som hovedscenario.



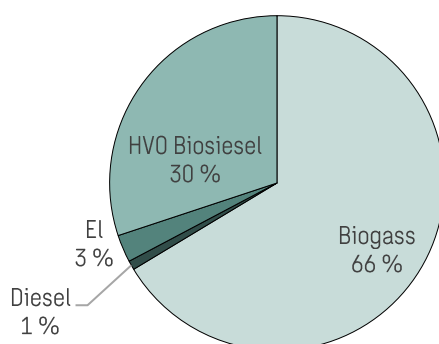
Figur 10: Klimagassutslipp med forskjellig energiforbruk per tonn avfall

Figur 10 viser hvordan resultatene er sensitive for energiforbruket til avfallssuget, men at det ikke vil snu konklusjonen, selv med et energiforbruk på 50 kWh per tonn.

3.3.3 Drivstoffsammensetning

Det er sett på fire forskjellige scenarier for drivstoff for avfallstransport i perioden 2026 til 2086. Alle alternativene har samme utslipp fra 2026 til 2030 da det er antatt samme fordeling som REG har på sine renovasjonsbiler i dag. Fordelingen av drivstoff for dagens biler er vist i Figur 11.

Sammensetning av drivstoff for renovasjonsbiler per 2022



Figur 11: Oversikt over drivstoffsammensetning for renovasjonsbiler i Oslo kommune per 2022

Tabell 2 viser en oversikt over de scenariene for drivstoff som det er gjort beregninger for. Fra 2030 frem til 2086 er det sett på naturgass/biogass, elektrisitet og diesel/biodiesel. I henhold til Oslo kommunes mål for utslippsreduksjon på tungtransport er det lagt opp til utslippsfrie renovasjonsbiler fra 2030.

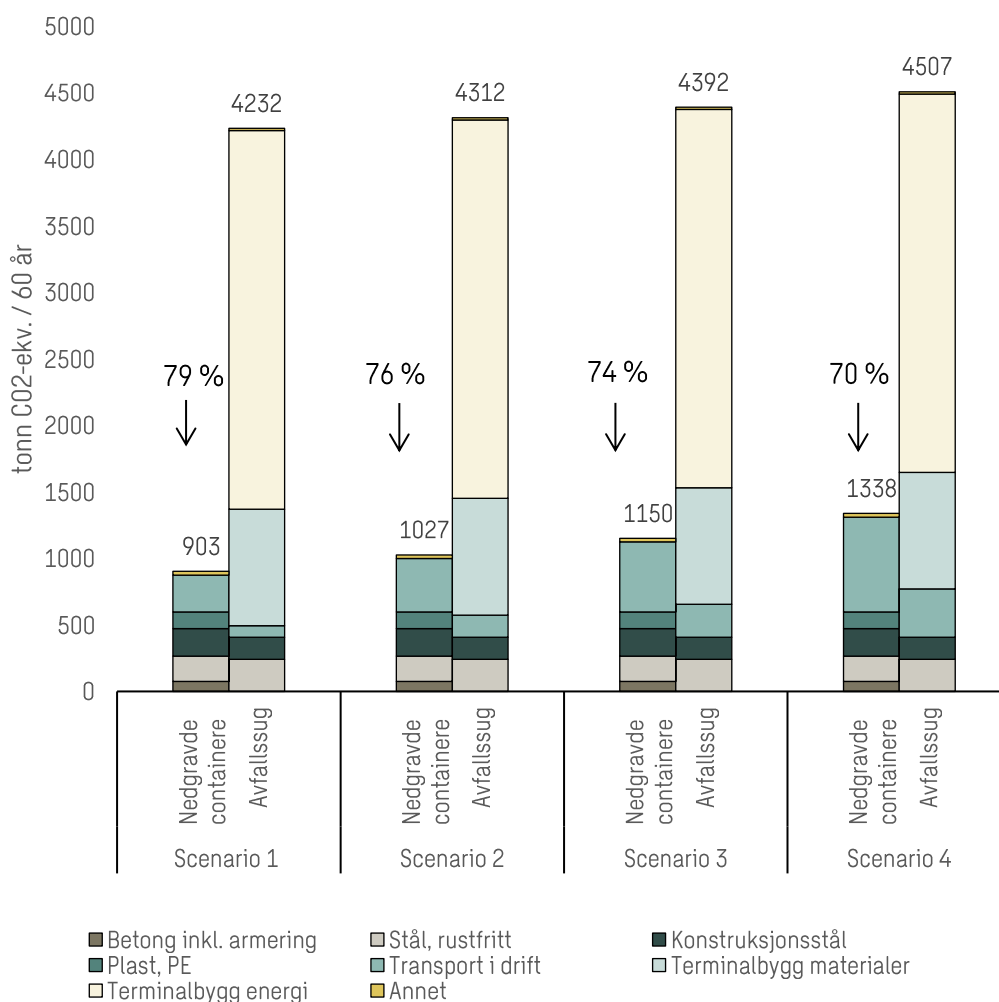
På grunnlag av at det er flest biler som går på biogass i dag og et sterkt fokus på elektrifisering av bilparken er det antatt at Scenario 2, med 50 % naturgass/biogass og 50 % elektrisk fra 2030, er det mest sannsynlige scenariet. Basert på dagens fordeling av drivstoff er derfor Scenario 4 vurdert svært usannsynlig, men er tatt med for å illustrere hvordan drivstoff for renovasjonsbiler påvirker de totale utslippene.

Tabell 2: Oversikt fremtidige scenarier for drivstoff for avfallstransport. Scenario 2 er hovedscenario for analysen

	Tidsperiode	Sammensetning av bilpark for renovasjonsbiler
Scenario 1	2026-2030	Samme fordeling som i dag
	2030 - 2086	100 % elektrisk
Scenario 2	2026-2030	Samme fordeling som i dag
	2030 - 2086	50 % naturgass/biogass / 50 % elektrisk
Scenario 3	2026-2030	Samme fordeling som i dag
	2030 - 2086	100 % naturgass/biogass
Scenario 4	2026-2030	Samme fordeling som i dag
	2030 - 2086	100 % diesel/biodiesel

Figur 12 viser hvor stor betydning drivstoff til renovasjonsbilene har for de totale utslippene til begge løsningene. Det er usikkerheter knyttet til hva slags drivstoff Oslo kommune kommer til å benytte i sine renovasjonsbiler 60 år frem i tid. Det er antatt NO+EU28 iht. NS 3720 for elektrisitet i figuren under. For Scenario 1, der det kun er elektriske renovasjonsbiler, vil nedgravde containere ha en reduksjon i utslipp på 79 % sammenlignet med avfallssug. Dersom det er antatt diesel/biodiesel vil reduksjonen være redusert til 70 %.

Klimagassutslipp



Figur 12: Sensitivitet med drivstoffscenarier. Scenario 2 er hovedscenarier for analysen

I Vedlegg 3 er klimagassutslipp med norsk forbruksmiks illustrert. Dersom det kun er elektriske renovasjonsbiler med norsk forbruksmiks, vil nedgravde containere ha en reduksjon i utslipp på 79 % sammenlignet med avfallssug. Dersom det er antatt 50 % diesel og 50 % elektrisk så vil utslippene fra avfallssug reduseres med 70 % fra nedgravde containere.

4 Livssyklus kostnader

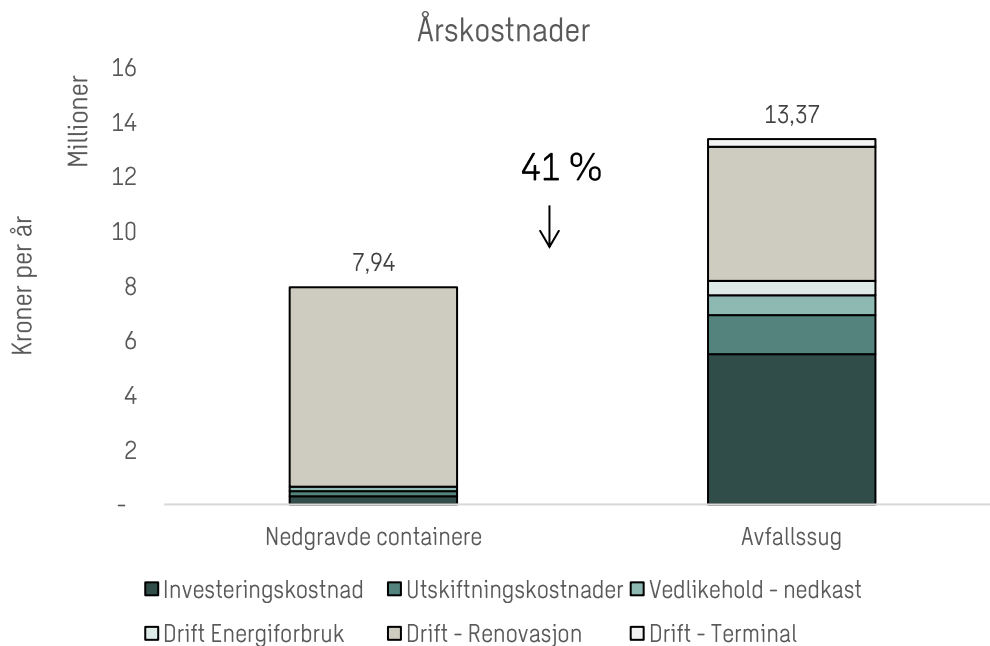
Livssyklus kostnader (LCC) er beregnet basert på metodikken beskrevet i NS 3454 – *Livssyklus kostnader for byggverk*. Metoden er benyttet på infrastruktur og etablering av renovasjonsløsning, samt drift av renovasjonsløsning. Analyseperioden er satt til 60 år.

Investeringskostnadene for terminalbygget er oversendt fra Bygghanalyse som har utarbeidet kalkylen for terminalbygget på Grønlikaia (20.02.2023).

Se en fullstendig oversikt på metodikk, inndata og antakelser for beregningene i Vedlegg 2.

4.1 Årskostnader

Figur 13 viser at årskostnaden for avfallssug og nedgravde containere er henholdsvis 13,37 millioner kroner og 7,94 millioner kroner. Det kommer også frem at det er drift knyttet til renovasjon som har de høyeste utgiftene. Dette er knyttet til kostnader i forbindelse med henting av avfall. Grunnet metode for neddiskontering av kostnader og nåverdiberegning er ikke den prosentvise reduksjonen mellom løsningene lik for kontantstrømmer og for årskostnader. Ved å neddiskontere alle kostnader har nedgravde containere 50 % lavere årskostnader enn avfallssug.



Figur 13: Årskostnader for de to alternativene

For å se kontantstrøm for de to alternativene, se Vedlegg 3.

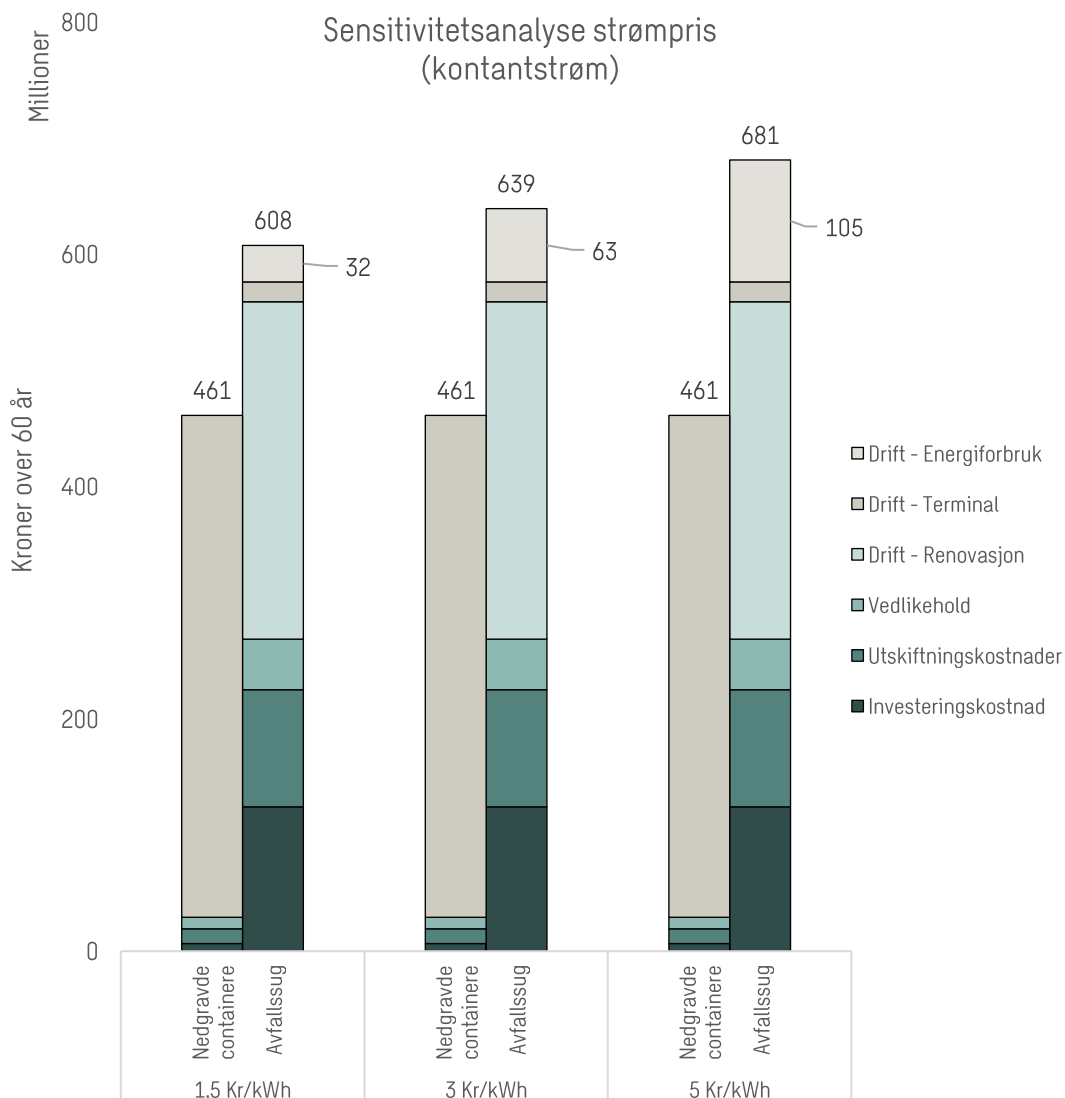
4.2 Sensitivitetsanalyse

Det er sett på tre scenarier for strømpriser da dette er en faktor det er knyttet stor usikkerhet til i forhold til utviklingen fremover. Tabell 3 viser en oversikt over kontantstrømmer, neddiskonterte kontantstrømmer og årskostnader med varierende strømpris. Det er i hovedsak for avfallssug at strømprisen vil påvirke de totale kostnadene og det er derfor kun fremstilt for avfallssug.

Tabell 3: Utgifter for avfallssug med varierende strømpris

	Strømpris 1,5 kr / kWh	Strømpris 3 kr / kWh	Strømpris 5 kr / kWh
Investeringskostnad	124 431 176	124 431 176	124 431 176
Utsiftingskostnad	100 610 834	100 610 834	100 610 834
Vedlikehold - Nedkast	43 569 751	43 569 751	43 569 751
Drift - Energi og renovasjon	339 159 207	370 664 322	412 671 142
Total kontantstrøm	607 770 968	639 276 083	681 282 903
Neddiskontert KS	272 602 372	284 632 216	300 672 007
Årskostnad	13 367 795	13 899 537	14 608 525

Figur 14 viser en grafisk fremstilling av årskostnaden for avfallssug og hvordan dette varierer med forskjellige strømpriser. Strømpris har relativt liten påvirkning på kostnader, ettersom renovasjonskostnadene dominerer for begge alternativer.



Figur 14: Oversikt over totale årskostnader med varierende strømpris

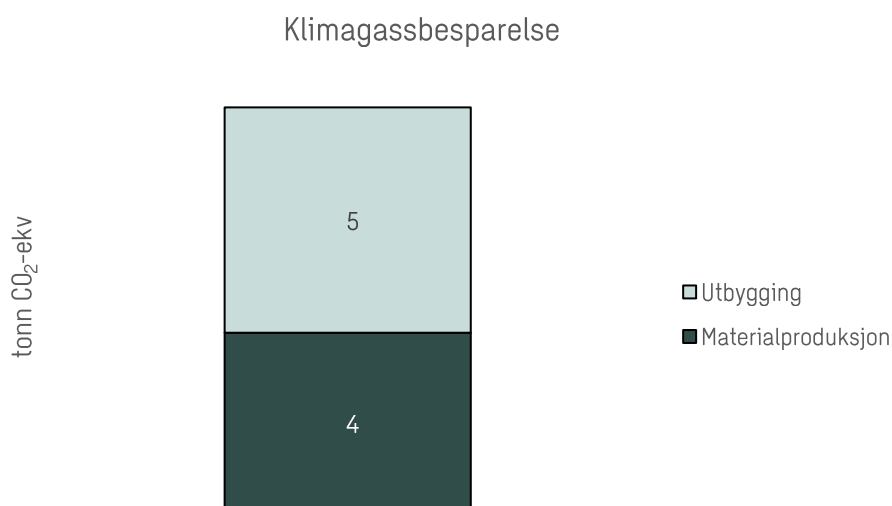
5 Besparelser av å stoppe utbyggingen av infrastruktur til avfallssug

Beregningene over sammenligner utslippene og kostnadene av å velge nedgravde containere og avfallssug fra og med 2025 og i årene fremover. Dersom det likevel ville blitt tatt en avgjørelse om å stoppe utbyggingen av infrastrukturen som kreves for å etablere avfallssug *i dag*, ville man kunne bespare de prosjekterte 267 meter som skal legges i nærmeste fremtid nord for

terminalen. Dette vil reflektere *ytterligere* besparelser, ettersom disse kostnader og klimagassutslipp i beregningene over er antatt å forekomme uavhengig av valgt løsning i 2025. Følgende to kapitler beskriver klimagass- og kostnadsbesparelse av å ikke bygge ut de resterende 267 meterne med infrastruktur.

5.1 Klimagassbesparelse

Ved å stoppe utbyggingen av infrastruktur i dag kan man potensielt unngå klimagassutslipp fra både anleggsarbeider/utbygging og materialer ifm. infrastrukturen. Figur 15 illustrerer besparelsen av klimagassutslipp ved å stoppe utbyggingen, som totalt utgjør 9 tonn. Dette er ikke en vesentlig andel av de totale utslippene.

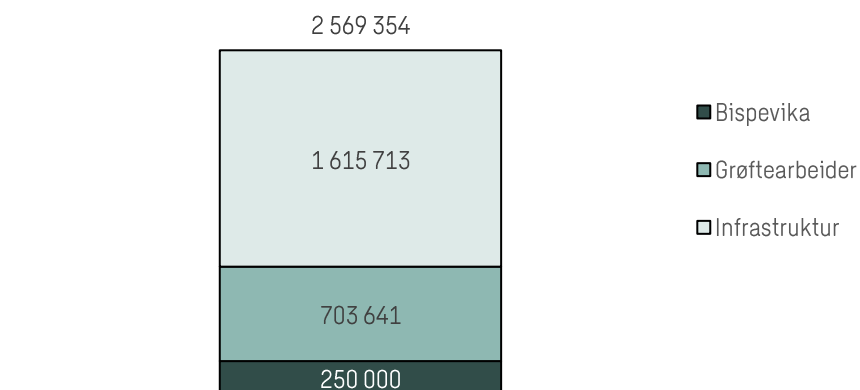


Figur 15: Mulige besparelser av klimagassutslipp

5.2 Kostnadsbesparelse

Figur 16 illustrerer kostnadsbesparelsen ved å stoppe utbyggingen av infrastrukturen knyttet til avfallssug. Dette er kostnadsbesparelse av å ikke bygge ut 267 løpemeter grøfter og rørnett. Det er totalt mulig å spare ca. 2,6 millioner kroner ved å ta denne avgjørelsen.

Besparelse (kr)



Figur 16: Mulige besparelser av kostnader

6 Diskusjon

I denne rapporten er det sammenlignet to ulike typer avfallshåndtering og hvordan disse løsningene skiller seg i et klimagass- og kostnadsperspektiv for dette spesifikke tilfellet. Der det finnes prosjektspesifikk data er dette benyttet, og ellers er inndata mottatt fra REG, Envac og Namdal Ressurs. Et bredere datautvalg fra flere leverandører, kunne potensielt ført til andre grunnlagsdata.

Resultatene viser at en tradisjonell nedgravd løsning kommer best ut både i et klimagass- og kostnadsperspektiv når hele livsløpet vurderes. Resultatene er også presentert for begge scenarier for elektrisitet, NO og NO+EU28, og det er utført sensitivitetsanalyser på drivende komponenter.

For klimagassberegningene har de nedgravde containerne 76 % lavere klimagassutslipp enn avfallssug når NO+EU28 for elektrisitet legges til grunn. Da 66 % av de totale utslippene for avfallssug skyldes energibruk i drift vil resultatene være svært sensitive for utslippsfaktoren som brukes for elektrisitet. Denne utslippsfaktoren påvirker ikke bare driften av avfallssugsentralen, men også utslippene for transport i drift, da en viss andel av renovasjonsbilene i analyseperioden er batteridrevet.

Datagrunnlag for klimagassutslipp fra transport i drift baserer seg på en Europeisk studie. For fordelingen mellom naturgass og biogass, samt diesel og biodiesel, er det nærliggende å tro at utslippene vil ligge noe lavere i Norge enn i Europa, grunnet mer bruk av biogass og naturgass. Dette ville redusert utslippene for begge alternativer, men ettersom nedgravd løsning har større utslipp fra transport i drift, ville det gitt størst utslag for dette alternativet, noe som ville gitt en enda større klimagassreduksjon sammenlignet med avfallssug.

Nabolagskjøring for nedgravde containere er basert på en antakelse om at renovasjonsbilene kjører tre ganger lengden av infrastrukturen i dette området. I samtale med Namdal ressurs ble det forklart at for et område med gjennomkjøring vil kjørelengden være ca. én til to ganger infrastrukturen, og basert på mobilitetskonsept for dette spesifikke området vil det være gjennomkjøring. Antakelsen om tre ganger kjørelengde er derfor for ivareta drivstofforbruk ifm. tomgang, snuoperasjoner osv.. Ved å optimalisere kjørelengder vil utslippene kunne reduseres for nedgravde containere.

Det er også gjort en analyse på hvordan ulike sammensetninger av drivstoff for renovasjonsbilene påvirker resultatene. Da det er lengre transportavstander for de nedgravde containerne vil et scenario med høyere andel av drivstoff med høye utslipp (diesel/biodiesel) påvirke mer enn det vil for avfallssug. Dette forklarer hvorfor forskjellen i klimagassutslipp mellom alternativene blir mindre og mindre for høyere utslippsfaktor for drivstoff, der Scenario 4 illustrerer et ekstremtilfelle med 26 år diesel / biodiesel og 26 år el. Dette scenariet vurderes som usannsynlig da det allerede i dag er en overvekt av fornybare drivstoff i bilparken til Oslo kommune (REG). Det er likevel valgt å inkludere for å illustrere denne sensitiviteten, da denne viser klimagasseffekten for drivstoff for renovasjonsbiler, og bidrar til å forstå hvordan andre studier kan konkludere med at avfallssug har reduserte klimagassutslipp i drift fra tradisjonelle løsninger. Dette vil være tilfeller der stor andel fossile drivstoff benyttes for hele analyseperioden og der det er stor forskjell i transportavstander for løsningene. For andre lokasjoner der forskjellen i transportavstand var større mellom de to alternativene, ved for eksempel plassering av terminalbygget ved utkant av et større område og at renovasjon for den tradisjonelle løsningen fikk relativt lengre kjørelengde per tømning, ville også forskjellen i klimagassbesparelse for nedgravde containere blitt mindre. I denne analysen er ikke dette tilfelle, der transportavstandene er relativt like, samt at klimamålene til Oslo kommune ligger til grunn for grunnscenariet.

Det er mulig å bespare 3 288 tonn ved å velge en nedgravd løsning sammenlignet med avfallssug. Dette tilsvarer materialutslipp til 97 leiligheter på 70 m² eller 76 000 flyturer mellom Oslo og Bergen²⁵. Et utbyggingsområde på denne størrelsen vil totalt sett ha høye utslipp, og å beslutte avfallsløsning for Grønlikaia vil være én av mange beslutninger i prosjektet. Det vil også være store potensielle klima- og kostnadsbesparende tiltak i utbygging ifm. infrastruktur, materialer for boliger og energiforsyningsløsning for området.

Det er mottatt inndata fra REG i tillegg til flere leverandører. Det er brukt en gjennomsnittsverdi der det er mottatt forskjellig inndata. Resultater er derfor sensitive for store endringer i inndata.

For LCC-kostnader viser beregningene at årskostnaden for avfallssug og nedgravde containere er henholdsvis 13,37 millioner kroner og 7,94 millioner kroner. Det kommer også frem at det er drift knyttet til renovasjon som har de høyeste utgiftene. Dette er knyttet til kostnader i forbindelse med henting av avfall.

Under er det nevnt noen forhold som ikke er en del av vurderingene gjort i denne rapporten, men som bør inngå i en helhetsvurdering.

² https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2022/03/BREEAM-NOR-v6.0_NOR.pdf

³ <https://www.framtiden.no/gronne-tips/reise-og-transport/klimagassutslippet-fra-uliike-reisemater.html>

Konsekvens av tung last

Det er ikke ivaretatt konsekvenser av økt drivstofforbruk og slitasje på renovasjonsbilene som frakter containere for avfallssug, som følge av tung last. Denne lasten vil være tyngre fordi restplast og papiravfallet komprimeres, hvilket gir en høyere vekt per volum for avfallet. Dette fører til økt forbruk av drivstoff eller strøm, og mer slitasje på bilen, men hvor mye dette påvirker er ikke undersøkt i denne analysen. Økte utslipp og kostnader ifm. dette inngår derfor ikke i beregningene, men er et aspekt som bør undersøkes nærmere.

Komprimering i nedgravde containere

Det er ikke komprimering i selve containerne for løsningen med nedgravde containere. Det finnes løsninger der avfallet komprimeres i containerne, slik at mer avfall kan lagres i samme volum. For en slik løsning, vil man ha en sensor som forteller når beholderne er fulle, og avfall hentes etter behov, i motsetning til en løsning der det komprimeres i bilen, og man må hente avfall etter en gitt frekvens. Dette vil i større grad optimalisere hentefrekvens og kjøreruter, og vurderes som et mer fremtidsscenario av en nedgravd løsning der hentefrekvens er uavhengig av hvor fulle beholderne er. Dette vil være et mer komplekst system som krever mer investeringskostnader, vedlikehold og energibruk i drift, men fordelen med optimalisert logistikk og renovasjon vil potensielt kunne redusere klimagassutslipp og kostnader knyttet til en nedgravd løsning betraktelig. Dette er en mulighet som bør undersøkes nærmere.

Driftsstans og nedetid

Det bemerkes at analysen ikke omfatter klima- og kostnadsbelastning av driftsstans for avfallssug. Dette inkluderer kostnader og klimagassutslipp knyttet til containere/beholdere, renovasjonsbiler og direkte utslipp fra drivstoff / el, eller til utrykking av servicepersonell. Det er ikke gjort noen vurderinger til kapasitet for reserveløsning, og dette er i sin helhet holdt utenfor analysen. Erfaringer knyttet til nedetid i eksisterende anlegg er beskrevet i Vedlegg 5.

Tekniske komponenter

Analysen omfatter heller ikke kostnader eller klimagassutslipp av tekniske installasjonene for avfallssuget, for eksempel tekniske komponenter i terminalbygget, ifm. nedkast og mellomagringsenhet eller utslipp og kostnader ifm. eventuelle arbeider og tilretteleggelser der infrastrukturen påkobles nedkast og mellomagringsenhet. I denne analysen er det vurdert at infrastrukturen slik den legges kan kobles direkte på nedkast og mellomagringsenhet uten noe form for anleggsarbeider i grunn eller sokkel / kjeller der nedkastet og mellomagringsenhet etableres.

Da avfallssug er en mer teknologisk løsning enn nedgravde containere er det generelt flere komponenter og flere usikkerhetsmomenter knyttet til utgifter til denne løsningen. Det er ikke utført en analyse på hvordan resultatene påvirkes av endringer i priser på drift- og vedlikehold for noen av alternativene. Basert på de to systemene og deres komponenter vurderes det en høyere risiko for økte kostnader ifm. vedlikehold, utskiftning og eventuell driftsstans av avfallssug, sammenlignet med nedgravde containere og plastbeholdere. Dette medfører også at avfallssug av disse årsaker har en større usikkerhet til klimagassutslipp, da disse påvirkes av blant annet utskiftning, iverksettelse av en provisorisk løsning, service på anlegget, m.m.

Støy

Det er støy ifm. kjøring av renovasjonsbiler, tømming av avfall for nedgravde containere og til frakting av avfall gjennom rørnett for avfallssug. For avfallssug vil tømming av containere forekomme inni terminalbygget, og dette vil dermed begrense støy ifm. tømming. Erfaringer knyttet til støyproblematikk i eksisterende anlegg er beskrevet i Vedlegg 5.

Arealbeslag

En av fordelene som ofte nevnes ifm. avfallssug er begrensning av arealpåvirkning og høyere utnyttelsesgrad til bebyggelse. For denne spesifikke situasjonen i Bjørvika og på Grønlikaia vil det måtte bygges ut en renovasjonsløsning for næringsavfallet som ikke vil være avfallssug, og det vil derfor legges til rette for lokal avfallshenting uavhengig av valgt løsning for boligene. Planlegging som gir best mulig arealutnyttelse for utbyggingsområde er en vesentlig faktor i utvikling av nye prosjekter, og er et aspekt som må inn i vurderingen av valg av avfallsløsning.

Det anbefales at analysen og beregningene oppdateres med mer prosjektspesifikk info når dette foreligger i prosjektet.

Det er stilt to konkrete spørsmål fra REG, som Sweco har svart ut per epost den 30. august 2022.

Kan avfallsbil hente fra flere nedgravde containere slik at det blir 35m³ og de kan kjøres direkte til for eksempel NES?

Det er riktig at det ikke er hensyntatt sortering av avfallet for nedgravde containere, da det er antatt at dagens renovasjonsløsning og frakt til Haraldrud. Dersom vi legger opp til ulike nedkast for de ulike avfallsfraksjonene for nedgravde containere, vil vi fortsatt ha like mange containere og henting av avfall blir lik, bare at da ligger sorteringen hos forbruker. Da ville REG kunne hente fraksjon for fraksjon, kjøre det direkte til der behandlingen av avfallet finner sted, og droppe sorteringen på Haraldrud. Dette er en mulighet, men det er ikke slik systemet er lagt opp i dag.

Hva er kravet til beredskapsarealer?

Når det gjelder arealbehov er det i beregningene lagt til grunn krav fra REG om at man skulle ha en reserveløsning som beslaglegger like mye areal. Dersom dette ikke er tilfellet, vil man måtte avse noe mer areal til oppstillingsplass for renovasjonsbil. Dette vil endre arealbruken for området, for eksempel vil man få mindre grøntareal, lekeplass eller lignende, og man vil måtte ta med kostnaden og utslippene av å legge asfalt på akkurat disse områdene. Dette vil være marginale utslipp og kostnader sammenlignet med øvrige kostnader for prosjektet.

7 Konklusjon og videre arbeid

Det gjøres i denne rapporten en vurdering av hvilken avfallsløsning som er best egnet for dette spesifikke området med de gitte forutsetningene i et klimagassutslipps- og livsløpskostnadsperspektiv. Der det finnes prosjektspesifikk data er dette benyttet, og Inndata som ligger til grunn for beregningene er basert på informasjon fra REG og leverandører.

Resultatene viser at Alternativ 1 - en nedgravd løsning kommer best ut både i et klimagass- og i et livssyklus-kostnads-perspektiv. Klimagassberegningene viser at avfallssug har et totalt klimagassutslipp over 60 år på ca. 4 312 tonn CO₂-ekv, mens nedgravde containere har et totalt klimagassutslipp over 60 år på ca. 1 027 tonn CO₂-ekv. Dette tilsvarer en reduksjon på 76 %. Resultatene er også fremstilt for begge utslippsfaktorer for elektrisitet.

Ved beregning av livssyklus-kostnader fremkommer det at årskostnaden for avfallssug og nedgravde containere er henholdsvis 13,37 millioner kroner og 7,94 millioner kroner. Dette tilsvarer en reduksjon på 41 %. Det er utført sensitivitetsanalyse på energipris.

Det anbefales at analysen og beregningene oppdateres med mer prosjektspesifikk info når dette foreligger i prosjektet, for å gi mer robuste resultater. Det bemerkes at analysen ikke omfatter klima- og kostnadsbelastning av driftsstans for avfallssug.

8 Kilder

1. Hav Eiendom. *Grønlikaia*. Link: <https://haveiendom.no/prosjekter/gronlikaia/>
2. Oslo kommune. *Klimastrategi for Oslo mot 2030*. August 2020.
3. Bossug. Prinsippskisse for nedgravd container / dypoppsamler. Hentet fra: <https://bossug.no/moderne-avfallslosninger/produkter/nedgravde-bunntomte-containere/>
4. Envac. Prinsippskisse for avfallssug. Hentet fra: <https://envac.no/bli-kjent-med-envac-systemet/envac-systemet/>
5. REG. Veileder for plassering og valg av renovasjonsløsning. September 2021.
6. REG. Epostkorrespondanse om kostnader ved renovasjon, informasjon om renovasjonsbiler- og kapasitet og avfallsmengder. Februar - mars 2023.
7. Bjørvika Infrastruktur. Informasjon angående tverrsnitt, lengder og priser for rørnett til avfallssug. Desember 2021.
8. Envac. Epostkorrespondanse på antall containere og containerstørrelser, hentefrekvens, informasjon om nedkast og mellomlagringsenhet. Desember 2021.
9. Namdal Ressurs. Epostkorrespondanse med informasjon om nedkast, nedgravd container, betongkonstruksjon, graving og materialkvaliteter. Desember 2021.
10. Strømbergs AS. Verifisering av vekt og materialer av betongelement og innercontainer for nedgravd løsning. Desember 2021.
11. Anleggsgartner Kristian Sørby AS. Telefonsamtale med informasjon om graving.
12. Bygganalyse. Informasjon angående terminalbygg. Februar 2023.
13. The International Council on Clean Transportation. *A life-cycle comparison of the greenhouse gas emissions from combustion, electric, and hydrogen trucks and buses in Europe*. Februar 2023.

9 Vedlegg

Vedlegg 1 Inndata

Vedlegg 2 Forutsetninger og omfang

Vedlegg 3 Resultater

Vedlegg 4 Resultatrapport One Click LCA

Vedlegg 5 Driftserfaringer fra Asker kommune, OBOS, Lørenskog kommune og Namdal

Vedlegg 6 Rasjonale Strømmiks