



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Bacheloroppgave 2023 15 stp
Fakultet for landskap og samfunn

Klimabesparende tiltak ved bygging av grøntanlegg

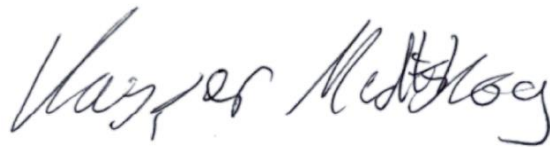
Climate efficient practices in the construction of
outdoor spaces

Kasper Tungen Midtskog
Landskapsingeniør

Forord

Denne oppgaven er skrevet som en avsluttende oppgave for bachelorstudiet Landskapsingeniør på NMBU – Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Oppgaven markerer slutten på min tid på NMBU fra høsten 2020 til våren 2023.

Skriveprosessen har til tider vært både utfordrende og krevende, og jeg vil derfor benytte anledningen til å takke alle som har bidratt. Først og fremst vil jeg sende en stor takk til min tålmodige hovedveileder Jorun Hovind som har kommet med svært gode innspill til oppgavens struktur og innhold underveis i prosessen. Jeg vil også rette en spesiell takk til Skaaret Landskap AS, som jeg har hatt gleden av å samarbeide med i utarbeidelsen av denne oppgaven. En spesiell takk går til Haakon Skaaret, min sideveileder fra bedriften. Til slutt vil uttrykke min takknemlighet til mine medstudenter, familie og kjæreste for deres ubetingede støtte gjennom et hektisk og strabasiøst vårsemester.



Kasper Tungen Midtskog

Ås, juni 2023

Sammendrag

Bygg- og anleggsbransjen er ansvarlig for betydelige utslipp, direkte gjennom bruk av fossile drivstoff og indirekte gjennom produksjon og transport av materialer. Det er derfor viktig at også denne bransjen bidrar for å redusere sine utslipp i kampen mot global oppvarming.

I oppgaven undersøkes det hvordan tre ulike tiltak kan bidra til å redusere CO₂-utslipp ved bygging av et grøntanlegg. De tre ulike tiltakene er: Bruk av elektriske anleggsmaskiner, bruk av norsk naturstein og gjenbruk av masser. For å vurdere kostnadseffektiviteten av de ulike tiltakene, har jeg utført en casestudie som inkluderer en forenklet kost-nytteanalyse. Studien tar utgangspunkt i et tidligere gjennomført prosjekt i Olav Vs gate i Oslo.

Gjennomføring av klimatiltak kan føre til betydelige merkostnader. Det er derfor viktig å finne tiltak som effektivt kan bidra til å redusere utslipp ved minimal forbruk av ressurser. Beregninger utført i oppgaven viser at bruk av norsk naturstein kan være nesten 6 ganger mer kostnadseffektivt enn bruk av elektriske anleggsmaskiner for å redusere CO₂-utslipp. I tillegg til å være utslippsbesparende viste det seg at gjenbruk av masser også kan bidra til å redusere kostnader i et anleggsprosjekt, i motsetning til de andre tiltakene, som medførte ekstrakostnader ved gjennomføring. Det er derfor et tankekors at elektriske anleggsmaskiner har fått betydelig større oppmerksomhet i forbindelse med offentlige anskaffelser sammenlignet med de to andre tiltakene.

Abstract

The construction industry is responsible for significant emissions, directly through the use of fossil fuels and indirectly through the production and transport of materials. It is therefore important that this industry contributes to reducing its emissions in the battle against global warming.

The thesis examines how three different measures can contribute to reducing CO₂ emissions when building an outdoor space. The three different measures are: Use of electric construction machinery, use of Norwegian natural stone and reuse of aggregates. To assess the cost-effectiveness of the various measures, I have conducted a case study which includes a simplified cost-benefit analysis. The study is based on a previously completed project in Olav Vs gate in Oslo.

Implementation of climate measures can lead to significant additional costs. It is therefore important to find measures that can effectively contribute to reducing emissions with minimal consumption of resources. Calculations in the thesis show that the use of Norwegian natural stone can be almost 6 times more cost-effective than the use of electric construction machinery to reduce CO₂ emissions. In addition to being emission-saving, it turned out that the reuse of aggregates can also help to reduce costs in a construction project, in contrast to the other measures, which entailed additional costs during implementation. It is therefore surprising that electrical construction machinery has received considerably more attention in connection with public procurement compared to the other two measures.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	1
Sammendrag.....	2
Abstract	3
DEL 1: Introduksjon.....	6
1.1 Bakgrunn og aktualitet	6
1.2 Problemstilling	7
1.3 Avgrensing og omfang av oppgaven.....	7
1.4 Metode.....	9
1.4.1 Litteraturstudie	9
1.4.2 Samtaler med bransjen	9
1.4.3 Casestudie.....	9
Del 2: Teoridel.....	10
2.1 Miljø inn i bygg- og anleggsbransjen.....	10
2.2 Om miljø som tildelingskriterium	11
2.3. Elektriske maskiner	12
2.3.1 Utvikling i bruk av elektriske maskiner	13
2.3.2 Indirekte utslipp ved bruk av elektriske maskiner.....	14
2.4 Valg av naturstein.....	16
2.4.1 Hva er naturstein?.....	16
2.4.2 Natursteinproduksjon i Norge	17
2.4.3 Utslipp fra produksjon og transport.....	18
2.5 Gjenbruk av masser	19
2.5.1 Massehåndtering i Norge.....	19
2.5.2 utfordringer ved gjenbruk av masser	21
2.5.3 Miljøgevinst ved gjenbruk.....	21
Del 3: Resultat.....	22
3.1 Caseprosjekt: Olav Vs gate	23
3.2 Besparelse av CO ₂ og kostnader ved bruk av elektriske maskiner kontra diesel maskiner.....	24
3.2.1 Energiforbruk for elektriske maskiner.....	24
3.2.2 Teoretisk forbruk for tilsvarende maskiner med dieselmotor.....	25
3.2.3 Utslipp elektriske maskiner versus dieselmaskiner	26
3.2.4 Ekstrakostnader for utslippsfri anleggsdrift	27
3.2.5 Tiltakskostnad for elektriske anleggsmaskiner.....	29

3.3 Besparelse av CO ₂ og kostnader ved bruk av norsk naturstein.....	29
3.3.1 Utslipp norsk naturstein.....	30
3.3.2 Utslipp kinesisk granitt.....	31
3.3.3 Pris på norsk og kinesisk naturstein	32
3.3.4 Tiltakskostnad for bruk av norsk naturstein	33
3.3.5 Beregning: Anvendt tiltak på Olav Vs gate.....	34
3.4 Besparelse av CO ₂ og kostnader ved gjenbruk av masser.....	34
3.4.1 Prosesser ved masseutskifting	34
3.4.2 Besparelser av CO ₂ -utslipp og kostnader ved gjenbruk	36
3.4.3 Beregning: Anvendt tiltak på Olav Vs gate.....	37
3.5 Sammenligning av klimatiltak.....	39
3.6 Erfaringer fra bransjen.....	40
3.6.1 Elektriske maskiner	41
3.6.2 Naturstein	42
3.6.3 Gjenbruk av masser	42
Del 4: Drøfting	44
4.1 Elektriske maskiner/dieselmaskiner	44
4.2 Norsk naturstein/importert stein	45
4.3 Gjenbruk av masser	46
4.4 Miljø i offentlige anskaffelser	48
Del 5: Avslutning	50
5.1 Konklusjon	50
5.2 Egne refleksjoner/veien videre	52
Kildeliste	53
Figurliste.....	56

DEL 1: Introduksjon

1.1 Bakgrunn og aktualitet

Global oppvarming refererer til en økning i gjennomsnittstemperaturen på jorda. Ifølge FNs klimapanel har gjennomsnittstemperaturen på jorda steget 1,1 °C siden 1950. I vitenskapelige miljøer er det en bred enighet om at dette skyldes menneskeskapte utslipp, som har ført til en forsterket drivhuseffekt. Utslippene stammer hovedsakelig fra fossile brensel som olje, kull og gass som slipper ut karbondioksid (CO₂) og andre drivhusgasser ved forbrenning (Mamen, 2022). Global oppvarming vil medføre en rekke alvorlige konsekvenser, som hyppigere og mer intense ekstremværhendelser, havstigning, humanitære katastrofer og tap av naturmangfold (FN-sambandet, 2023).

Parisavtalen, som ble signert av Norge i 2015, er en avtale med formål om å styrke det internasjonale samarbeidet for å redusere klimagassutslipp, samt tilpasse seg klimaendringene. I dag har praktisk talt alle FNs medlemsland sluttet seg til avtalen.

Parisavtalen fastsetter et mål om at temperaturstigningen på jorda skal begrenses til 2 °C, og helst bare 1,5 °C, sammenlignet med førindustrielle nivåer (Lahn, 2021). Med bakgrunn i Parisavtalen forpliktet Norge seg gjennom en klimaavtale med EU til å samarbeide om å redusere klimagassutslippene med minst 40% innen 2030, sammenlignet med 1990-nivå. I februar 2022 forsterket Norge målene ytterligere ved å sette mål om å senke utslippene med minst 55% innen 2030 (Statministerens kontor, 2022).

For å klare å nå målet om utslippsreduksjon er det viktig at alle sektorer bidrar. Bygg- og anleggsbransjen står for store utslipp, både direkte gjennom forbrenning av fossile drivstoff innenfor anleggsområdet, og indirekte gjennom produksjon og transport av byggematerialer. Offentlig sektor har gjennom sitt store anskaffelsesvolum betydelige muligheter til å påvirke hvordan bygg- og anleggsbransjen utvikler seg i tiden fremover. Tidligere har offentlige anskaffelser i stor grad foregått som rene priskonkurranser, men de siste årene er miljø blitt mer prioritert i offentlige anskaffelser ved at det stadig stilles mer omfattende krav til miljøvennlige og bærekraftige løsninger fra entreprenørene. På denne måten bidrar det offentlige gjennom sin innkjøpsmakt til å fremme bruk av miljøvennlige materialer og energieffektiv teknologi.

1.2 Problemstilling

Bygg- og anleggsbransjen har et stort potensial til å kutte CO₂-utslipp. I denne oppgaven skal jeg undersøke dette potensialet nærmere. Bygg- og anleggsbransjen er svært stor, og oppgaven vil derfor begrense seg kun til et segment innenfor bransjen. Med min bakgrunn fra Ås med en fullført bachelorgrad i Landskapsingeniør til våren 2023 og interesse for anleggsgartnerbransjen ønsker jeg å se nærmere på bygging av grønntanlegg.

Hovedproblemstillingen er som følger:

«I hvilken grad kan ulike tiltak bidra til å redusere CO₂-utslipp ved bygging av grønntanlegg, og til hvilken kostnad?»

Det finnes en rekke virkemiddel og tiltak man kan bruke for å redusere CO₂-utslipp, men jeg har begrenset meg til å se på tre av dem. Tiltakene jeg skal se nærmere på er bruk av elektriske maskiner, bruk av norsk naturstein og gjenbruk av masser.

Noen underspørsmål/underproblemstillinger vil være:

- Hvor store utslipp kan man kutte ved å bruke elektriske maskiner i stedet for dieselmaskiner?
- Hvor store utslipp kan man kutte ved innkjøp av norsk naturstein i stedet for kinesisk?
- Hvor store utslipp kan man kutte ved å gjenbruke stedlige masser?
- Hvor effektive er ulike tiltak ut ifra tiltakskostnad?
- Hvordan blir tiltakene implementert i offentlige anskaffelser?

1.3 Avgrensing og omfang av oppgaven

Både offentlige og private byggherrer har betydelig innflytelse for å påvirke klimafotavtrykket i sine prosjekter. I denne bacheloroppgaven har jeg valgt å rette fokuset mot hvordan offentlige byggherrer utfører sine anskaffelser.

Oppgaven vil som nevnt se på ulike klimabesparende tiltak for å se hvilken effekt de vil ha både på CO₂-utslipp og kostnader ved bygging av grønntanlegg. Her kunne man sett på mange ulike tiltak, men på grunn av oppgavens omfang valgte jeg å begrense meg til å se på tre. De tre tiltakene oppgaven tar for seg vil være aktuelle for mange typer bygg- og anleggsprosjekter. Oppgavens tittel «klimabesparende tiltak ved bygging av grønntanlegg» kommer av at det er nettopp et grønntanlegg jeg bruker i casestudien i resultatdelen. Det er viktig å merke seg at resultatene som presenteres i oppgaven fra dette spesifikke prosjektet ikke kan generaliseres til alle andre grønntanleggsprosjekter. Ved å utføre lignende beregninger

for et annet prosjekt vil regnestykkene endre seg på grunn av ulike prosjektbaserte forutsetninger (lokalisering, transportlengder, materialvalg etc.)

Når det kommer til CO₂-utslipp har jeg inkludert både direkte og indirekte utslipp for å få et bilde av den totale klimapåvirkningen. Dette vil inkludere både direkte utslipp som skjer på plassen og indirekte utslipp, som skjer blant annet ved produksjon og levering av materialer. For kostnader som brukes i beregningene er det sett bort fra merverdiavgift.

For å finne tall på utslippsbesparelse i kg CO₂ og kostnader, blir hvert av tiltakene sammenlignet med et alternativ. Beregningene blir presentert i resultatdelen av oppgaven:

Elektriske anleggsmaskiner:

Her er det valgt å sammenligne bruk av elektriske anleggsmaskiner opp mot konvensjonelle anleggsmaskiner med dieseldrift. Denne oppgaven tar utgangspunkt i at maskinene driftes med vanlig anleggsdiesel, og vil ikke gå inn på bruk av biodrivstoff. Hydrogen vil også kunne være et alternativ til elektrisk drift, men oppgaven vil ikke se nærmere på det.

Bruk av norsk naturstein:

Norsk naturstein sammenlignes med kinesisk naturstein. Selv om det også kunne blitt gjort sammenligninger med stein fra andre land som India eller Portugal, har valget falt på Kina som grunnlag for sammenligning. Det er fordi store mengder naturstein som brukes i norske grøntanlegg kommer fra Kina.

Gjenbruk av masser:

Gjenbruk av masser begrenses i oppgaven til å se på masser til bruk i fundamentering. Oppgaven tar ikke for seg gjenbruk av masser til andre formål, som for eksempel til bruk som vekstjord. I casestudien vil jeg se på gjenbruk av stedlige masser som forsterkningslag og bærelag. Dette blir sammenlignet med en alternativ gjennomføring som inkluderer utkjøring av de stedlige massene og innkjøp av nye masser fra et pukkverk.

1.4 Metode

Metoden for denne oppgaven har vært en kombinasjon av litteraturstudier, samtaler og gjennomføring av en casestudie.

1.4.1 Litteraturstudie

I oppgaven er det gjennomgått aktuell litteratur som danner grunnlaget for innholdet i teoridelen. Oppgaven begynner med å vise betydningen av miljø i bygg- og anleggsbransjen og viser til eksempel fra Oslo kommune for å vise hvordan de implementerer miljøhensyn i sine anskaffelser. Videre går teoridelen nærmere inn på de tre tiltakene: elektriske maskiner, bruk av norsk naturstein og gjenbruk av masser. Dette bidrar til å gi et innblikk i hva tiltakene går ut på og i hvilken grad de blir benyttet til å få ned klimautslipp i bransjen.

1.4.2 Samtaler med bransjen

For å få førstehånds informasjon om hvordan miljø har påvirket en aktør i bransjen ble det utført samtaler med landskapsentreprenøren Skaaret Landskap AS som jeg har jobbet hos på deltid ved siden av studiet siden februar 2022. Firmaet er en betydelig aktør og har bred erfaring innen utomhus- og landskapsarbeider. Samtalene omhandlet både hvordan miljø har påvirket bransjen de er i og hvordan de ulike tiltakene blir benyttet i jobbene de utfører.

Funnene gjort i samtalen blir presentert i kapittel «3.6 Erfaringer fra bransjen» i resultatdelen

Opprinnelig ønsket jeg å utføre samtaler med flere aktører, som for eksempel en offentlig byggherre og en norsk natursteinsleverandør, men på grunn av oppgavens omfang ble det gjort en begrensning.

1.4.3 Casestudie

For å finne ut hvordan tiltakene kan påvirke CO₂-utslipp og kostnader i et grøntanleggsprosjekt ble det utført en casestudie som ser på et tidligere utført prosjekt i Olav Vs gate som ligger sentralt i Oslo. Dette blir presentert i resultatdelen av oppgaven. Her fikk jeg støtte av Skaaret Landskap som hjalp meg å utføre beregninger og bidro med kostnadskalkyler som jeg brukte i regnestykkene. For å komme frem til kostnadseffektiviteten til de tre ulike tiltakene er det benyttet en forenklet kost-nytte analyse. En mer grundig gjennomgang av metoden kommer frem i resultatdelen for å gi leseren en klar forståelse av hvordan beregningene har blitt utført.

Tabellene som presenteres i resultatdelen er hentet fra Excel som har vært mitt primære hjelpemiddel for å utføre beregninger. Excel en pålitelig plattform for å analysere store

mengder data. Det er gjort løpende vurderinger for å avgjøre hvor mange desimaler som er relevante å presentere. Dette kan imidlertid føre til mindre unøyaktigheter i de avrundede tallene som vises i tabellene sammenlignet med de eksakte verdiene. Eventuelle unøyaktigheter bør likevel betraktes som ubetydelig for de overordnede funnene i oppgaven.

Del 2: Teoridel

2.1 Miljø inn i bygg- og anleggsbransjen

Bygg- og anleggs- og eiendomsnæringen blir ofte omtalt som 40-prosentnæringen. Dette kommer av at den globalt står for ca. 40% av all materialbruk, 40% av energiforbruk og står for 40% av alle utslipp. Klimagassutslippene er imidlertid lavere i Norge, på grunn av høy andel fornybar energi, og næringen står for omtrent 15% av landets klimagassutslipp. I tillegg kommer 25% av alt avfall i Norge fra denne næringen. Byggeråstoff (stein, grus, sand) og sement står for 55% av all transportert mengde (DFØ, 2023).

I veilederen «*Bærekraftig kjøp av bygg og anlegg*» fra Direktoratet for forvaltning og økonomistyring (DFØ) blir det lagt frem ulike grep for å redusere forbruk av energi og ressurser. Å velge produkter med lang levetid og lav klimabelastning er ifølge veilederen de viktigste grepene for å redusere klima- og miljøbelastning. Krav til utslippsfrie bygg- og anleggsplasser kan minimere direkte klimagassutslipp, men det er gjennom valg av lavutslippsmaterialer at man vil kunne få de store besparelsene. Et annet viktig element er gjenbruk av masser og bruk av lokale masser, som vil kunne bidra til redusert transportarbeid (DFØ, 2023).

Direkte og indirekte utslipp er begreper som blir hyppig brukt i sammenheng med klimaregnskap. I en FoU-rapport for KS (kommunesektorens organisasjon) forklares begrepene slik (Wang, Westskog, Selvig, Amundsen, & Mygland, 2018):

Direkte utslipp: Utslipp som skjer innenfor et geografisk område. For eksempel innenfor Oslo kommunes grenser. Eksempel på slike utslipp kan være eksos fra biltrafikk, massetransport og utslipp fra forbrenningsanlegg.

Indirekte utslipp: Utslipp som skjer utenfor et geografisk område. Dette inkluderer «utvinning av råvare, transport av råvarer, videreforedling til et produkt/vare, distribusjon av varen til aktøren/personen som nyttiggjør seg av den, og fram til eventuelt håndtering av produktet som avfall.»

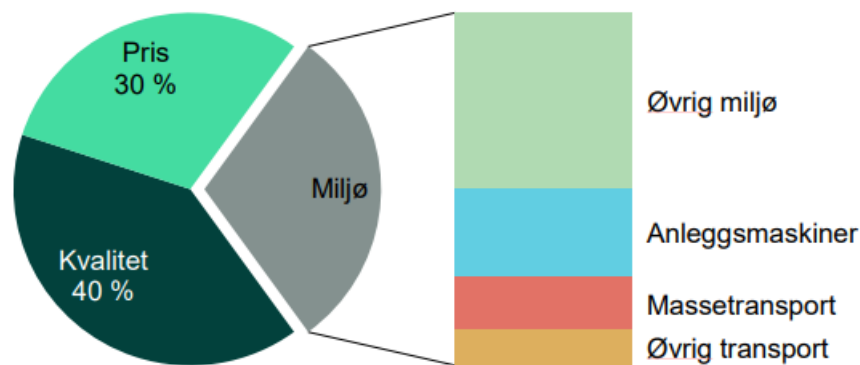
Videre brukes begrepet «klimafotavtrykk». Dette defineres som summen av direkte og indirekte utslipp knyttet til levering av et produkt, vare eller tjeneste. Ved å kun inkludere direkte utslipp i et prosjekt, vil klimagassutslippene bli relativt lave sammenlignet med om man tar med indirekte utslipp. En tilnærming der et klimagassregnskap inkluderer klimafotavtrykk, vil endre premissene for hvordan man prioriterer ressursene for å få ned klimagassutslipp. I nevnte rapport blir det poengtert at både direkte og indirekte utslipp bør inkluderes dersom en ønsker å oppnå målet om å senke globale utslipp av CO₂. Resultatet av å ikke gjøre dette vil kunne føre til at utslipp innenfor Norges landegrenser blir redusert, mens det skjer en økning i globale utslipp (Wang, et al., 2018).

2.2 Om miljø som tildelingskriterium

For å få ned klimagassutslipp i bygg- og anleggsprosjekter er det ulike virkemidler en byggherre kan bruke. Å bruke miljø som tildelingskriterium er et av dem. Tildelingskriterier blir forklart som *«konkurranskriterier som oppdragsgiver skal vurdere tilbudene etter.»* (regjeringen, 2017)

I offentlige anskaffelser bruker oppdragsgiver ulike tildelingskriterier for å få et grunnlag for å bedømme tilbudene fra forskjellige leverandører. Tildelingskriteriene setter rammer for hvordan leverandøren prioriterer ressurser når de leverer tilbudet sitt. Når tilbudene er levert skal oppdragsgiver vurdere de ulike tilbudene. Leverandøren som samlet scorer best på kriteriene tildeles kontrakten (regjeringen, 2017).

Historisk er det pris som har vært det avgjørende kriteriet, og den som har lagt inn lavest pris har blitt tildelt kontrakten. I dag ser vi et skifte, og miljø blir stadig viktigere som tildelingskriterium, og da spesielt ved offentlige anskaffelser. Å bruke miljø som tildelingskriterium vil sende signaler til markedet om at klimavennlige løsninger belønnes. Forskrift om offentlige anskaffelser sier i § 7-9 at *«Der miljø brukes som tildelingskriterium, bør det som hovedregel vektet minimum 30 prosent.»* (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022). Dagens regjering ønsker å skjerpe regelverket, for at klima- og miljøkrav skal bli mer betydelig i offentlige anskaffelser. I den forbindelse er det lagt frem tre alternative forslag til å endre ordlyden i § 7-9. Et av forslagene inkluderer at *«Miljøhensyn skal alltid vektet med minimum 30 prosent eller høyere der det er relevant.»* Ifølge regjeringen vil det å skjerpe kravene til offentlige anskaffelser kunne bidra til å øke etterspørsel etter mer grønne varer og tjenester. I tillegg vil det i større grad integrere klima- og miljøhensyn som en naturlig del av anskaffelsespraksisen til offentlige oppdragsgivere (regjeringen, 2022).



Figur 1: Bymiljøetatens veiledende fordeling av miljø som tildelingskriterium (Oslo kommune, 2019)

Oslo kommune har utformet en veileder for hvordan tildelingskriterier og kontraktskrav kan utformes for å redusere klimagassutslipp og forbedre lokal luftkvalitet. Figuren over viser hvordan tildelingskriterier kan fordeles for å oppnå dette. Her er miljø vektet med 30% i henhold til «bør-krav» fra lov om offentlige anskaffelser. Videre er det delt opp i underkriterier som vist på figuren. Veilederen anbefaler at minst 50% av miljø som tildelingskriterium skal fordele seg på direkte utslipp. Dette deles videre opp i utslipp fra anleggsmaskiner, massetransport og øvrig transport (for eksempel persontransport, transport av materialer, avfall og utstyr). Øvrig miljø vil være knyttet til indirekte utslipp ved for eksempel produksjon av materialer (Oslo kommune, u.å).

Oslo kommune bruker i dag tildelingskriterier for å belønne blant annet bruk av fossil- og utslippsfrie løsninger. Fra 2025 vil kommunen gå over fra tildelingskriterier til at det blir et krav, og det blir pålagt at *«alle bygge- og anleggsplasser skal være utslippsfrie, og transport av masser skal gjøres utslippsfritt eller ved hjelp av biogastechnologi»* (Oslo kommune, u.å).

2.3. Elektriske maskiner

Miljødirektoratet anslår at det slippes ut ca. 340 000 tonn CO₂ per år fra norske byggeplasser. Dette omfatter kun direkte utslipp fra anleggsmaskiner og byggvarme på byggeplassen. Transport til og fra byggeplassen og utslipp fra produksjon av materialer er ikke med i dette regnestykket (Miljødirektoratet, 2022). De direkte utslippene er et resultat av at man forbrenner fossile drivstoff, i all hovedsak diesel, for å drifte ulike maskiner. Anleggsmaskiner og lastebiler som brukes til å bearbeide og flytte masser krever store mengder energi, og fører derfor til høyt forbruk av diesel. Alternativer til fossildrevne

maskiner vil være utslippsfrie- eller fossilfrie løsninger. Disse begrepene blir definert på følgende måte i rapporten «*Fossil- og utslippsfrie bygge- og anleggsplasser*» fra Oslo kommune (Kommunerevisjonen, 2022).

- **Fossilfrie løsninger:** «*Maskiner og kjøretøy som benytter energibærere som ikke slipper ut ny CO2 til atmosfæren ved bruk. Fossilfrie energibærere kan være biodiesel, bioetanol, pellets og fjernvarme.*»
- **Utslippsfrie løsninger:** «*Maskiner og kjøretøy som ikke avgir noen form for utslipp ved bruk, verken CO2 eller andre gasser som påvirker lokal luftkvalitet. Utslippsfrie energibærere er elektrisitet, hydrogen og fjernvarme.*»

Ved å gå over fra dieseldrevne til elektriske maskiner vil det være mulig å effektivt kutte store direkte utslipp. Elektrisk drift er et av alternativene som går under kategorien «utslippsfri» ettersom det ikke har noen direkte utslipp av klimagasser ved bruk (Miljødirektoratet, 2019). Som nevnt under definisjonen for fossilfrie- og utslippsfrie løsninger finnes ulike alternativer til fossile drivstoff. Denne oppgaven begrenser seg imidlertid til å se på miljøeffekten av å gå over fra fossildrevne til elektriske maskiner, og vil ikke gå nærmere inn på andre fossilfrie eller utslippsfrie løsninger.

2.3.1 Utvikling i bruk av elektriske maskiner

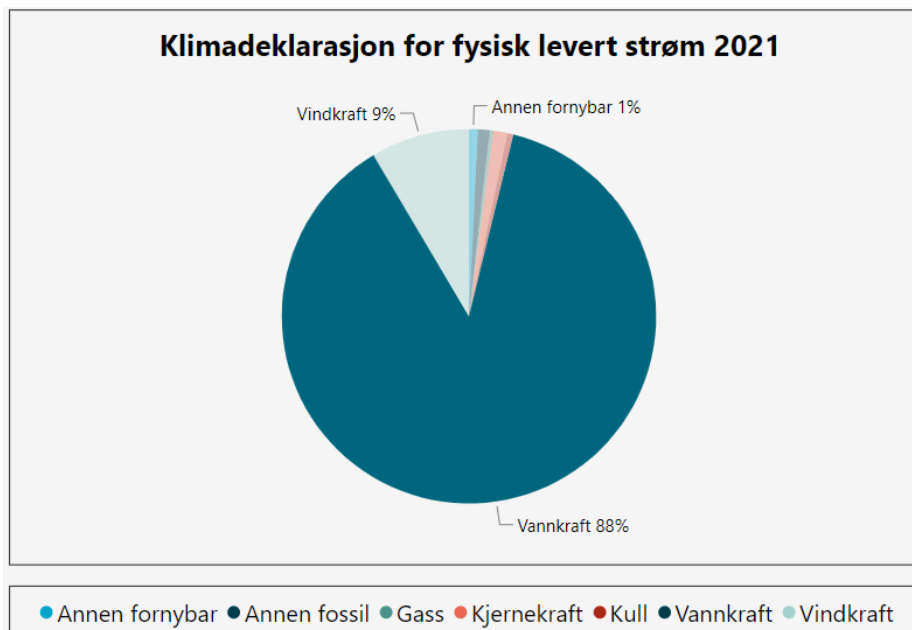
Så nylig som 2019 var Livsvitenskapsbygget på Blindern i Oslo et av de første byggeprosjektene i hele verden hvor det ble benyttet en elektrisk gravemaskin (Jappee, 2020). Siden den gang har det blitt gjennomført mange prosjekter som har benyttet elektriske anleggsmaskiner. Oslo kommune er en av aktørene som har vært på banen her, og har valgt å stille krav om utslippsfrie byggeplasser i utvalgte prosjekter. På et tidspunkt i 2022 hadde Oslo kommune over 36 pågående prosjekter med bruk av utslippsfrie anleggsmaskiner (Kjendseth Wiik, Fjellheim, & Gjersvik, 2022). Kommunen har som nevnt et mål om at alle bygge- og anleggsarbeider og massetransport enten skal være utslippsfritt eller gå på biogass innen 2025. Videre er målet 95% utslippsreduksjon i 2030 sammenlignet med 2009 (Kommunerevisjonen, 2022). For å presisere er dette direkte utslipp til atmosfæren ved bruk av maskiner, og omfatter ikke utslipp knyttet til produksjon av strømmen som forbrukes.

Maskinparken innen bygg- og anleggsbransjen blir gradvis byttet ut med elektriske maskiner. Rental.one, som et eksempel på et firma som driver med utleie av maskiner til bygg- og anleggsbransjen, har et mål om at 50% av maskinparken skal være utslippsfri innen 2030. Frem til nå har det vært rettet stor oppmerksomhet mot elektrifisering av gravemaskiner

ettersom det er den typen maskiner som er kommet lengst i utvikling og testing på det norske markedet. Fremover mot 2030 regner Rental.one med at de vil få inn flere elektriske maskiner. Dette vil gjelde veihøvel, vals, knuseverk, hjullastere, dumpere og lastebiler for å nevne noen maskintyper (Kjendseth, et al., 2022).

2.3.2 Indirekte utslipp ved bruk av elektriske maskiner

Bruk av strøm vil ikke ha direkte utslipp ved bruk og elektriske maskiner regnes som utslippsfrie. Imidlertid vil strømmen som forbrukes til å drifte maskinene komme fra ulike energikilder (NVE, 2023).

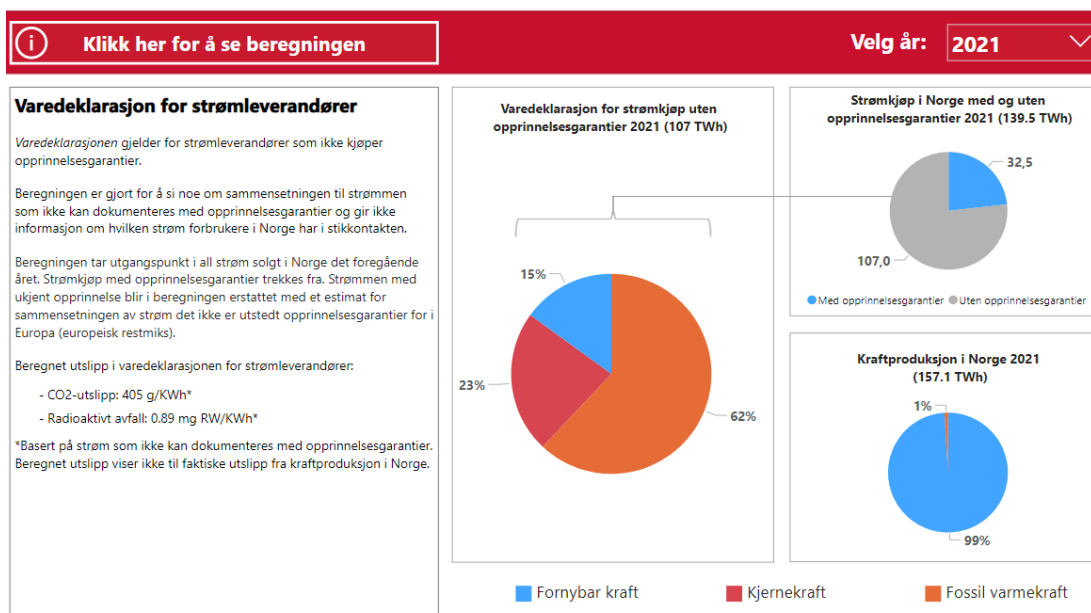


Figur 2: Fysisk levert strøm i Norge fordelt på energikilder i 2021 (NVE 2023).

Strømmen som fysisk leveres i Norge har et lavt klimagassutslipp. Tall fra NVE (Norges vassdrags- og energiforbund) viser at 97% av strømmen som ble forbrukt i 2021 var produsert ved vannkraft, vindkraft og annen fornybar. Resterende 3% kommer fra gass, kjernekraft, kull og andre fossile kilder. Ifølge NVE sin Klimadeklarasjon for fysisk levert strøm vil dette gir et beregnet utslipp på 11 gram CO₂ ekv/kWh for strømmen som fysisk leveres i Norge.

Strømleverandører kan imidlertid ikke benytte seg av denne deklarasjonen som en dokumentasjon for hvordan strømmen som leveres ut til kunden er produsert.

Strømleverandører må i stedet bruke NVE sin ordning med varedeklarasjon for strømleverandører (NVE, 2023).



Figur 3: Varedeklarasjon for strømleverandører (NVE, 2022)

Om det er viktig for en bedrift å fremstå som miljøvennlig, finnes det noe som heter opprinnelsesgarantier. Dette er en ordning for å kunne vise at strømmen man forbruker er produsert på spesifisert måte. I praksis går dette ut på at strømleverandører kjøper opprinnelsesgarantier fra kraftprodusenter og selger denne garantien (i form av en varedeklarasjon) sammen med strømmen ut til kundene sine. Dette gir strømleverandørene mulighet til å gi en garanti/bevis til sine kunder om at strømmen de kjøper er produsert på en bestemt måte, for eksempel ved fornybar vannkraft. Strømkundene får da muligheten til å uttrykke at de foretrekker strøm fra fornybare kilder gjennom strømvartalen de har med sin leverandør. Kjøp av opprinnelsesgarantier vil derimot ikke påvirke hvor den fysiske strømmen som leveres kommer fra (NVE, 2022).

Med mindre den aktuelle strømleverandøren man bruker har kjøpt opprinnelsesgarantier, må de vise til NVE sin varedeklarasjon, som angir et tall på utslipp CO₂ mot per kWh. NVE setter dette tallet til 405g/kWh for strøm uten opprinnelsesgarantier. Utgangspunktet for beregningen av dette tallet er strøm som er solgt det siste året i Norge uten opprinnelsesgarantier. Strøm som er solgt med opprinnelsesgarantier er trukket fra. Her vil man få en miks av både norsk strøm og europeisk restmiks. Europeisk restmiks er europeisk kraftproduksjon som ikke er dokumentert med opprinnelsesgarantier. Her vil man derfor stå igjen med en stor andel fossil varmekraft og en relativt høy CO₂-faktor per kWh (NVE, 2022).

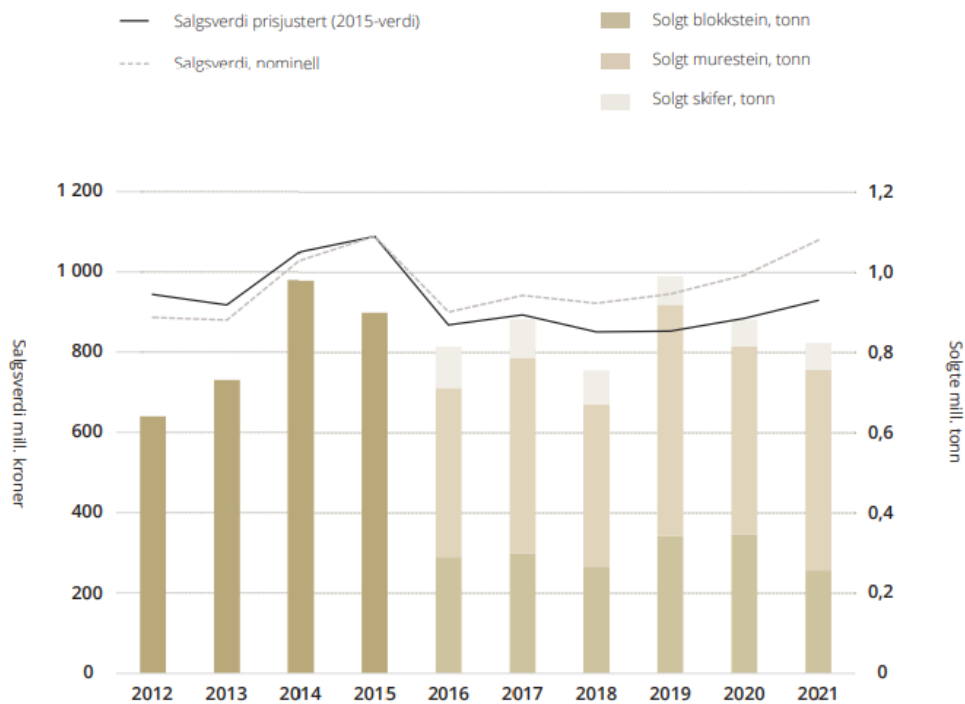
2.4 Valg av naturstein

2.4.1 Hva er naturstein?

Naturstein er betegnelsen på stein som sages, spaltes eller hugges til ulike dimensjoner til bruk som kledninger av fasader, gulv og vegger i bygg, eller til produkter som for eksempel kantstein, belegg og murer i grøntanlegg (Thue, 2019). Så godt som alle nye grøntanlegg som blir bygd i dag har innslag av naturstein, i større eller mindre grad. Materialet er kjent for å ha god holdbarhet og lang levetid, noe som gjør det egnet til bruk i utemiljø. Naturstein deles ofte opp i tre kategorier (Norsk bergindustri, 2023):

- **Blokkstein:** Stein som tas ut i store blokker. Blokkene deles videre opp i mindre emner ved saging og spalting til produkter som heller, plater, gatestein og kantstein.
- **Murestein:** Steinblokker i grove formater som brukes til ulike typer tørrmuring. Flere ulike bergarter kan brukes til murestein, men det brukes mest stein som lett lar seg spalte i plater og rektangulære formater.
- **Skifer:** Bergarter som har en struktur som gjør at de lett kan splittes langs naturlige plan. Brukes både til gulv, tak og fasade. Skiferprodukter selges med både naturplan og polert overflate.

2.4.2 Natursteinproduksjon i Norge



Figur 4: Salgsverdi og solgte tonn naturstein 2012-2021 (DMF, 2021)

Det drives utvinning av naturstein i alle landets fylker. Vestfold og Telemark er Norges største fylker på utvinning av naturstein og står for 50,5% av total salgsverdi, og i tillegg for 88,2% av verdien av all stein som eksporteres. Det ble i 2021 solgt 824 tusen tonn naturstein med en verdi av 1 080 millioner i Norge (DMF, 2021).

Selv om Norge har stor tilgang på berg med egnet geologisk kvalitet, er det en stor andel av natursteinsprodukter til oppbygging av grøntanlegg som kommer fra utlandet. Et relativt høyt lønnsnivå og mye manuell håndtering i produksjonsprosessen er hovedårsakene til at norskproduserte natursteinprodukter sliter med å konkurrere på pris mot tilsvarende produkter som produseres i utlandet (Norsk bergindustri, 2023). Land som Kina, India og Portugal har en stor markedsandel i det norske markedet for naturstein (NGU, 2020).

I et debattinnlegg av Anita Hall, generalsekretær i Norsk bergindustri, peker hun på at for å redusere utslipp fra natursteinsprodukter, så må det etterspørres mer kortreist norsk naturstein fra offentlige oppdragsgivere. Det er ifølge henne et stort potensial for mer innenlandsk produksjon av naturstein, til bruk i fasader, gulv og vegger i bygg, parkanlegg m.m. Norsk naturstein kan være opptil 90% mer miljøvennlig enn utenlandsk naturstein. Grunnen til at norsk naturstein blir valgt bort er ifølge Hall at pris tillegges større vekt enn klimaavtrykk.

Det ligger imidlertid et potensiale for at norske produkter kan bli mer konkurransedyktige på pris, om vi først klarer å bygge opp mer produksjonskapasitet (Hall, 2020).

2.4.3 Utslipp fra produksjon og transport

Tabell 1: Samlet klimabelastning for betong og granittprodukter av ulikt opphav (Berge, 2005).

Materiale	Produksjonsbelastning [kg CO₂/m³]	Transportbelastning¹⁰ [kg CO₂/m³]	SUM [kg CO₂/m³]
Betongprodukter fra Aatvedt	264	39 ¹¹	303
Norsk Granitt fra Jogra ¹²	50	37 ¹³	87
Portugisisk granitt, Duoro	50	164 ¹⁴	214
Kinesisk granitt, Xiamen	50	920 ¹⁵	970

I en miniutredning utført av Gaia Lista AS er det gjort en miljøvurdering av betong og natursteinsprodukter til bruk i Sentralparken Fornebu. Rapporten anslår at granitt fra Kina vil ha omtrent 11 ganger så høyt utslipp som granitt produsert i Norge. Portugisisk granitt vil ha omtrent 2.5 ganger så høyt utslipp. Utslipp av CO₂ fra natursteinsproduksjon kommer fra uttak av blokker fra fast fjell, bearbeiding og transport frem til forbruker. I produksjonsfasen vil det forekomme utslipp blant annet fra dieselbasert utstyr. Utslipp knyttet til produksjon anses likevel som relativt lave ettersom bearbeiding stort sett foregår med kalde prosesser, dvs. at det ikke inkluderer oppvarmingsprosesser av råmaterialene i sin helhet. Dette er i motsetning til for eksempel stålindustrien hvor mye energi vil gå til oppvarming. De totale utslippene knyttet til et natursteinsprodukt påvirkes dermed mest av transporten til forbruker (Berge, 2005).

En tidligere landskapsingeniørstudent ved NMBU har i sin bacheloroppgave fra 2019 beregnet utslipp av ulike natursteinsprodukter. I motsetning til rapporten fra Gaia Lista blir det i denne oppgaven hevdet at utslipp fra produksjon kan gi store utslag på det totale klimaavtrykket. Ifølge oppgaven vil utslipp knyttet til bearbeiding ha stor variasjon etter hvilken overflatebehandling produktet har og hvilken energikilde som brukes i landet for produksjon. For eksempel har Norge en høy andel med fornybar vannkraft, mens Kina har mye kullkraft. Spesielt saging og flamming gir store utslag på utslipp ved produksjon. Ved transport har både transportmiddel og transportdistanse mye å si. Lastebiler slipper ut ca. 4 ganger mer CO₂ per tonn produkt enn et skip som seiler den samme distansen. Likevel vil transport fra Kina ha et mye høyere utslipp på grunn av den store transportavstanden fra Asia til Norge. Eksemplene brukt i oppgaven viser at utslippet fra produksjon av produkt og

transport frem til sluttforbruker vil være gjennomsnittlig 9 ganger høyere for kinesisk enn for norsk granitt (Asmul Lian, 2019).

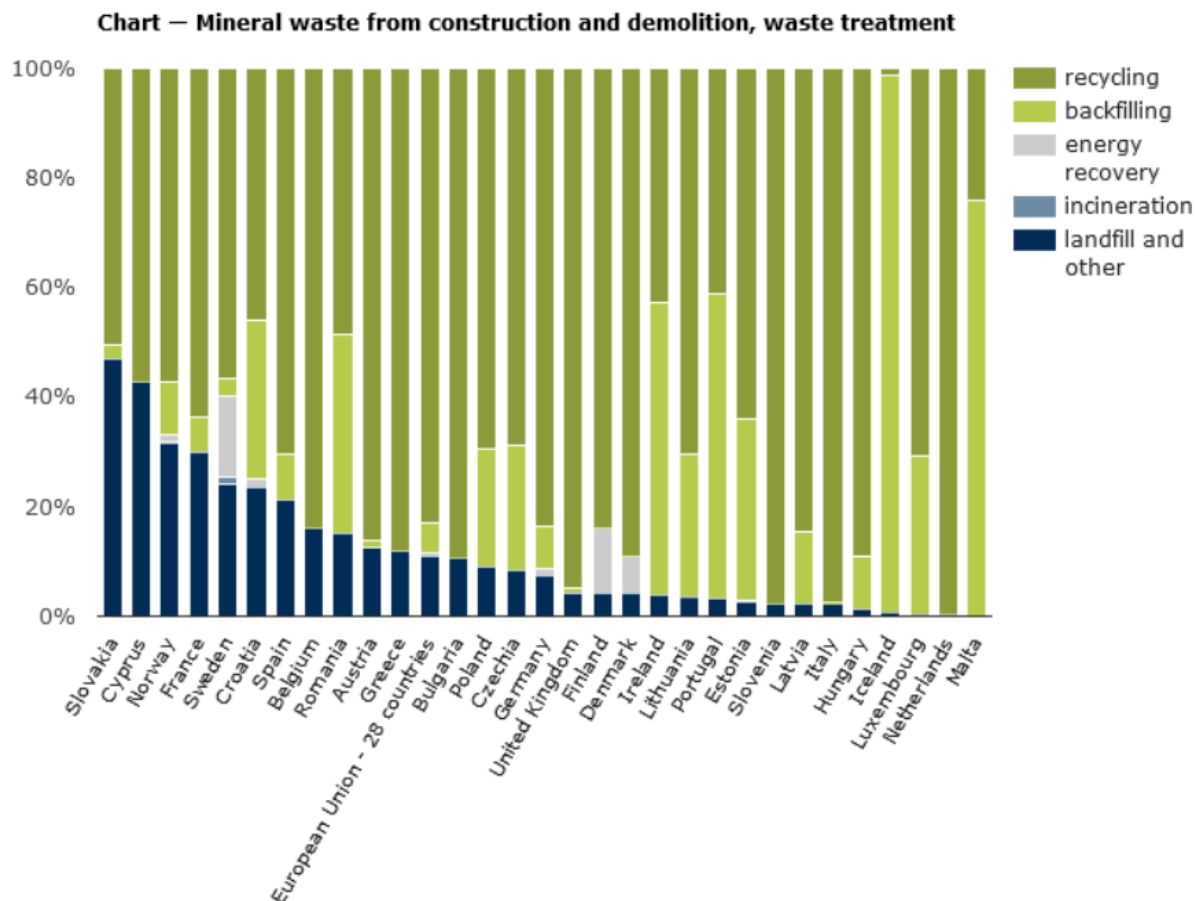
2.5 Gjenbruk av masser

Ombruk refererer til praksisen med å bruke en gjenstand eller et produkt flere ganger til samme formål (sirken, 2023). Ombruk vil forlenge levetiden til en gjenstand og redusere behovet for å kjøpe nytt. Gjenbruk innebærer å anvende en gjenstand eller et produkt på en annen måte enn dens opprinnelige formål eller tiltenkte bruk. Både ombruk og gjenbruk vil kunne bidra til å redusere innkjøp, ressursforbruk og avfallsmengde (sirken, 2023). Egne erfaringer tilsier at i dagligtalen vil ofte begrepet «gjenbruk» brukes om begge disse praksisene. Dette kan komme av at det i en del tilfeller ikke er lett å skille mellom gjenbruk og ombruk av masser. På grunn av dette har jeg valgt å bruke termen «gjenbruk» videre i oppgaven for å beskrive denne praksisen.

Ved bygging av grøntanlegg vil det alltid være behov for masseutskifting i større eller mindre grad. Dette skjer ved at stedlige masser blir gravd ut og erstattet med masser med kvaliteter og egenskaper egnet til formålet. Hvor mye masser som blir skiftet ut er avhengig av blant annet krav til bæreevne, drenering og frost. Masseutskifting kan foregå ved at alle stedlige masser blir kjørt ut og erstattet med nye masser, eller at stedlige masser blir gjenbrukt. I praksis vil det som regel være en kombinasjon av total utskifting og gjenbruk av masser.

2.5.1 Massehåndtering i Norge

«Sirkulær massehåndtering - Materialstrømanalyse av overskuddsmasse fra bygg- og anleggsnæringen» er en forskningsrapport lagd i samarbeid mellom SINTEF, Feiring Bruk AS, Fremby AS og Norges Geologiske undersøkelse (NGU). Rapporten viser at en mer sirkulær tankegang rundt håndtering av masser kunne spart store ressurser og redusert behov for både deponier og masseuttak til produksjon av byggeråstoff. Bygg- og anleggsprosjekter har ifølge rapporten lav gjenbruksgrad av løsmasser (Rise, et al., 2022).



Figur 5: Gjenbruk av bygg- og riveavfall i ulike land i Europa. (Rise, et al., 2022).

EUs rammedirektiv for avfall gir føringer om et mål på 70 % gjenbruk av materialer fra bygge- og anleggsnæringen. Dette vil også gjelde mineralressurser. Norge er et av landene i Europa som ligger i det nedre sjiktet når det kommer til gjenbruk av masser. Det er omtrent bare halvparten av overskuddsmassene fra bygg- og anleggsprosjekter som blir gjenbrukt. Overskuddsmasser defineres i rapporten som «masser som oppstår i et bygg og- og anleggsprosjekt, men som ikke kan gjenbrukes internt i prosjektet» (Rise, et al., 2022). I den andre enden av skalaen ligger Nederland som er langt mer effektive i utnyttelse av overskuddsmasser. Landet utnytter så mye som 99,8% av overskuddsmasser og kun 0,2% havner på deponier. Noe av årsaken er grunnforhold og mangel på geologiske ressurser egnet til bygge- og anleggsformål, som gir incentiver til å gjenbruke tilgjengelige masser. En annen grunn er at lovene for avfallshåndtering er strenge, ved at det blant annet foreligger et forbud mot deponering av overskuddsmasser. Nederland har i tillegg et åpent nasjonalt register hvor offentlige aktører er lovpålagt å legge inn grunnundersøkelser og relevante geologiske data som blir hentet inn i forbindelse med bygge- og anleggsprosjekter. Registeret har som formål å skape en bedre forståelse av undergrunnen og gjøre pålitelig informasjon tilgjengelig for

arealplanleggere, ingeniører og andre relevante aktører. Dette skal bidra til en mer effektiv utnyttelse av masser (Rise, et al., 2022).

I Norge skjer det ofte at prosjekter med mye masseoverskudd sender dette til et mellomlagringsdeponi før det til slutt blir fraktet til et massedeponi/fylling der det blir liggende. Store deler av disse massene har kvaliteter som gjør at de er mulig å gjenbruke, men på grunn av planmessige utfordringer og store kostnader skjer ikke dette. Dette er masser som i prinsippet kunne blitt brukt i andre prosjekter med masseunderskudd og med dårlig tilgang på pukk- og grusreserver (Rise, et al., 2022).

2.5.2 Utfordringer ved gjenbruk av masser

Rapporten fra SINTEF peker på ulike utfordringer knyttet til gjenbruk av masser. Internt i prosjekter vil gjenbruk begrenses av blant annet mangel på areal til å mellomlagre og prosessere masser til senere bruk. Selv om det finnes arealer til å prosessere massene som skal gjenbrukes, kan det også være en utfordring å holde støy, støv etc. på et akseptabelt nivå tilpasset området tiltaket er lokalisert. I tillegg vil massenes kvalitet spille inn på hvilke formål de kan brukes til. For eksempel vil «dårlige» masser med høyt finstoffinnhold og dårlig bæreevne ikke være gunstig til bruk i en vegoverbygning, men vil kunne benyttes til bygging av støyvoller eller planering av områder hvor det ikke er nødvendig å stille høye tekniske krav til massene. Rapporten viser til at flere aktører i bransjen opplever at det er lav interesse for gjenbruk av masser i prosjekter. En av grunnene er at byggherre ofte har en lav aksept for gjenbruk av masser. Det vises også til at kostnaden for å deponere overskuddsmasser som regel er lavere enn den økonomiske gevinsten ved gjenbruk.

En annen utfordring ved gjenbruk av masser kan være fremmede arter. Ved flytting av jordmasser vil det innebære en risiko for at massene har med seg frø, sporer eller planterester som kan bidra til å spre fremmede arter til nye steder. Spredning av fremmede arter kan føre til økologisk ubalanse og tap av biologisk mangfold ved de fortrenger andre arter og naturtyper (Klima- og miljødepartementet, 2021).

2.5.3 Miljøgevinst ved gjenbruk

Grus og pukk er en ikke-fornybar ressurs. Større uttak av byggeråstoffer som en følge av befolkningsvekst vil det føre til at regulerte masseuttak og pukkverk omsider vil gå tomme. Dette gjør at en stadig vil måtte kjøre lengre for å hente byggeråstoffer, spesielt til bynære prosjekter. Lengre transportavstander fører igjen til høyere forbruk av drivstoff og større klimagassutslipp. Slik situasjonen er i dag forbrukes det mer energi på å transportere

byggeråstoff enn å produsere det. Transporten spiller også inn på den totale kostnaden for innkjøp av produktet. Anslag viser at prisen for transporten kan overstige prisen for selve byggeråstoffet når transportavstanden blir større enn 30-40 km (Rise, et al., 2022).

Foruten utslipp av klimagasser bidrar økt transportavstand til mer støy, støv, høyere risiko for ulykker og mer vegslitasje som bidrar til høyere vedlikeholdskostnader. Ved å øke gjenbruk av overskuddsmasser vil man redusere behovet for produksjon og transport av byggeråstoffer og mindre arealer satt av til deponier (Rise, et al., 2022).

Del 3: Resultat

Resultatdelen vil ta for seg hvordan de tre tiltakene omtalt i oppgaven kan påvirke både på CO₂-utslipp og kostnader i et prosjekt. Som caseprosjekt brukes et tidligere gjennomført prosjekt i Olav Vs gate i Oslo. De tre tiltakene er:

- Bruk av elektriske maskiner
- Bruk av norsk naturstein
- Gjenbruk av masser

For å få et forhold til hvor effektive tiltakene er har jeg valgt å gjennomføre en forenklet kost-nytte analyse. Her vil jeg bruke begrepet «tiltaks-kostnad» som kan defineres som «*kostnaden ved et tiltak, målt som kroner per enhet oppnådd utslippsreduksjon, beregnet etter bestemte regler*» (Håmsø, et al., 2019). Ut ifra et kost-nytte perspektiv vil kostnadene være en sum i kroner eksklusive merverdiavgift, mens nytten vil være besparelsen av klimagassutslipp i kg CO₂-ekvivalenter som følge av gjennomføringen av tiltaket.

$$\text{Tiltakskostnad} = \frac{\text{Kostnad i kr}}{\text{Klimabesparelse i kg CO}_2 - \text{ekvivalenter}}$$

Denne beregningen vil vise kostanden per kg reduserte utslipp. Ved å sammenligne tiltakene ut fra tiltakskostnad vil man kunne se hvilke tiltak som er mest kostnadseffektivt, målt ut fra måloppnåelse i forhold til ressursene som blir brukt (Håmsø, et al., 2019).

massetransport, transport av materialer eller klimaavtrykk til materialer (Bymiljøetaten, 2020).



Figur 7: Elektrisk gravemaskin i bruk i anlegget i Olav Vs gate (Bymiljøetaten, 2020).

3.2 Besparelse av CO₂ og kostnader ved bruk av elektriske maskiner kontra diesel maskiner

For beregning av kostnader og utslipp for tiltaket som omhandler elektriske anleggsmaskiner, så er det i stor grad tatt utgangspunkt i en rapport gitt ut av BYM i 2020. Rapporten handler om BYMs erfaringer med elektriske anleggsmaskiner fra nettopp Olav Vs gate. Kostandene som er hentet fra rapporten er ikke justert for prisvekst/inflasjon.

3.2.1 Energiforbruk for elektriske maskiner

Utslippsfri anleggsplass gir en oversikt over de elektriske maskinene som ble brukt i prosjektet Olav Vs gate (Bymiljøetaten, 2020). Rapporten viser blant annet hvilke typer maskiner som ble benyttet i prosjektet, motoreffekt og totalt energiforbruk. I prosjektet ble det benyttet elektriske gravemaskiner på 8-tonn, 16-tonn og 25-tonn, elektriske hjullastere og elektrisk vibroplate. Av rapporten kommer det frem hvor mange timer som er forbrukt og motoreffekt på hver maskin. Rapporten oppgir hvor stor effekt hver maskin har, men gir ingen oversikt over hvordan energiforbruket fordelte seg på hver maskin. Under ligger det en egenprodusert tabell som tar utgangspunkt i tall tatt fra Bymiljøetatens rapport

(Bymiljøetaten, 2020). Tabellen oppsummerer min beregning av hvor mye energi kilowattimer(kWh) som er gått med til å drifte maskinene som ble brukt i prosjektet.

Tabell 2: Forbruk av elektrisitet i kWh fordelt på maskinene benyttet i Olav Vs gate (Midtskog, 2023)

Energiforbruk (kWh) for elektriske maskiner ved Olav Vs gate					
Maskiner	Timer	kW (motoreffekt)	Effekt (kW) ved 50% belastning	kWh (beregnet)	kWh (faktisk)
8-tonns elektrisk graver	2 873	40	20	57 460	Har ikke tall
16-tonns elektriske gravemaskiner	1 261	75	38	47 288	Har ikke tall
25-tonns Cat 323F Z-line	375	122	61	22 875	Har ikke tall
Elektriske hjullastere	768	22	11	8 448	Har ikke tall
Elektrisk vibroplate	331	0,93	0,47	154	Har ikke tall
			Sum	136 224	135 211

Det ble oppgitt i rapporten at prosjektet hadde forbrukt totalt 135 211 kWh for å drifte maskinene i løpet av anleggsperioden september 2019 – desember 2020 (Bymiljøetaten, 2020). Dette er kun strøm som har gått med til å drifte alle maskinene på anleggsplassen, og inkluderer ikke strøm til brakkerigg. Rapporten viser hvor mange timer hver maskin har blitt driftet, samt maksimal motoreffekt(kWh) for hver maskin, som gjør det mulig å gjøre en teoretisk beregning for hvordan strømforbruket fordeler seg mellom maskinene. Ved å ta utgangspunkt i at hver maskin i gjennomsnitt går på 50% av maksimal effekt og multiplisere dette med maskintimer vil det beregnete forbruket bli totalt 136 224 kWh. Dette er relativt likt det faktiske forbruket.

3.2.2 Teoretisk forbruk for tilsvarende maskiner med dieselmotor

Tabell 3: Beregnet forbruk av drivstoff dersom prosjektet i Olav Vs gate hadde benyttet dieselmaskiner (Midtskog, 2023).

Beregnet forbruk for dieselmaskiner			
Type maskin	Timer	Beregnet tilsvarende forbruk av drivstoff per time (l/t)	Total per maskin (liter diesel)
8-tonns elektrisk graver	2 873	5,24	15 055
16-tonns elektriske gravemaskiner	1 261	9,14	11 526
Elektriske hjullastere, 4,2 tonn	768	3,50	2 688
25-tonns Cat 323F Z-line	375	20,00	7 500
Elektrisk vibroplate 100kg	331	0,50	166
		Total	36 934

I BYM sin rapport er det gjort et anslag for hvor stort forbruk maskinene hadde hatt om de hadde dieselmotor istedenfor elektrisk motor (Bymiljøetaten, 2020). Forbruket per time er

multiplisert med timer de elektriske maskinene ble belastet i prosjektet. Ved å bruke anslaget fra rapporten vil total mengde diesel summere seg til 36 934 liter diesel.

Rapporten anslår at prosjektet har spart 99 773 kg CO₂ ved å benytte elektriske maskiner. Dette tallet kommer frem ved å multiplisere det beregnede dieselforbruket med en utslippsfaktor. Utslippsfaktoren som brukes i rapporten er satt til 2,7 kg CO₂-ekv per liter diesel og er hentet fra miljødirektoratet (Bymiljøetaten, 2020). Denne faktoren baserer seg på direkte utslipp ved forbrenning, såkalt «Tank-to-wheel», og inkluderer ikke indirekte utslipp ved produksjon av diesel. På samme måte er det ikke medregnet indirekte utslipp ved produksjon av strøm. Ved å inkludere indirekte utslipp for både strøm og diesel vil regnestykket forandre seg.

3.2.3 Utslipp elektriske maskiner versus dieselmaskiner

Tabell 4: Utslipp for strøm og diesel fordelt på direkte og indirekte utslipp (Midtskog, 2023).

Utslippsfaktor strøm og diesel			
Enhet	Direkte utslipp (kg CO ₂)	Indirekte utslipp (kg CO ₂)	Totalt (kg CO ₂)
1 kWh strøm	-	0,405	0,405
1 liter diesel	2,660	0,540	3,200

Tabell 5: Sammenligning av utslipp for elektriske anleggsmaskiner og dieselmaskiner i Olav Vs gate (Midtskog, 2023)

Utslipp elektriske maskiner versus dieselmaskiner				
Energibærer	kWh/liter	Indirekte utslipp (kg CO ₂)	Direkte utslipp (kg CO ₂)	Totale CO ₂ utslipp (kg CO ₂)
Strøm	135 211	54 760	-	54 760
Diesel	36 934	19 944	98 243	118 187
			Differanse	63 427

Tabell 5 viser summen av direkte og indirekte utslipp ved to ulike alternativer for gjennomføring av prosjektet; med elektriske maskiner og dieselmaskiner. Utslippene reflekterer klimaavtrykket til bruk av strøm og diesel som energikilde og inkluderer ikke utslipp knyttet til produksjon av selve maskinene. Strøm vil ikke ha noe direkte utslipp av CO₂ ved bruk som vist i tabell 4. Derimot vil det foreligge indirekte utslipp ved produksjon av strømmen som beskrevet i teoridelen. I beregningen for utslipp til bruk av strøm, så brukes NVE sin varedeklarasjon for strøm solgt uten opprinnelsesgarantier der CO₂-utslippet settes til 405 gram per kWh (NVE, 2022). Utslippsfaktoren for diesel er satt til 3,2 kg CO₂ per liter diesel og inkluderer både direkte utslipp ved forbrenning og utslipp fra produksjonsfasen,

såkalt «Well-to-wheel». 2,66 kg av dette er direkte utslipp ved forbrenning, og resterende 0,54 kg er indirekte utslipp fra produksjon og transport (Rem & Thompson, 2022).

Beregningen vil gi et klimaavtrykk på 54 760 kg CO₂ ved å benytte strøm til å drive anleggsmaskinene. Om de hadde gått på diesel ville det gitt et klimaavtrykk på 118 187 kg CO₂. Sammenligningen av de to alternative gjennomføringene viser altså en besparelse av 63 427 kg CO₂ ved å benytte elektriske maskiner kontra dieselmaskiner.

Bruk av elektriske anleggsmaskiner vil gi en reduksjon på 100% for direkte utslipp som vist i tabell 5. Når både direkte og indirekte utslipp sammenlignes mellom de to alternativene, vil utslippsreduksjonen være ca. 54% (63 427 kg CO₂ / 118 187 kg CO₂).

3.2.4 Ekstrakostnader for utslippsfri anleggsdrift

Erfaringsrapporten for *Utslippsfri anleggsplass* synliggjør ekstrakostnadene ved at prosjektet ble gjennomført med bruk av elektriske maskiner, i motsetning til om det skulle blitt utført på tradisjonelt vis med dieseldrevne anleggsmaskiner (Bymiljøetaten, 2020).

Tabell 6: Ekstrakostnader for gjennomføring av utslippsfri anleggsdrift ved Olav Vs gate (Bymiljøetaten, 2020)

Ekstrakostnader for utslippsfri anleggsdrift	Sum kr ekskl. mva.	Utgjør mot entreprisekostnad
Maskiner - ekstrakostnad for påslag på innleie av elektriske hjullastere, 8-tonnere, 16-tonnere og 25-tonns gravemaskiner inkl. oppgradering av 16t gravemaskin.	2 562 000	4,35 %
Merkostnader - ekstra tidsforbruk grunnet lading/venting, ekstra hjullaster, mangler i maskinleveransen og maskinstyring, ompal letering av leveranser.	1 804 000	3,07 %
Strømforbruk, byggestrøm og alt som har med strøm inkl. flytting av kabler (se kap 4.2.1)	455 000	0,77 %
Anleggsbidrag netteier (se kap. 3.6.2)	290 000	0,49 %
Sum ekstrakostnader for utslippsfri anleggsdrift (påslag på entreprisekostnader)	5 111 000	8,69 %
Byggherrekostnad ifbm. utslippsfri anleggsplass	3 900 000	
Totale ekstrakostnader for gjennomføring av utslippsfri anleggsplass	9 011 000	

Ekstra kostnader knyttet til innleie av maskinene var en stor del av ekstrakostnadene, ettersom elektriske maskiner var vesentlig dyrere å leie enn dieselmaskiner. Entreprenøren hadde også beregnet ekstrakostnader for blant annet høyere tidsforbruk på grunn av lading og håndtering av strømkablene til maskinene. I tillegg ble det merkostnader ved innleie av en ekstra maskin for å gjøre opp for ineffektivitet og for lav effekt/løftekapasitet på utstyr. Det påløp også andre uforutsette kostnader i anleggsperioden, samt for strømforbruk. Posten for anleggsbidrag inkluderer kostnader for tilknytning av strøm fra netteier. Ekstrakostnader for utslippsfri anleggsdrift (påslag på entreprisekostnader) beløpte seg til ca. kr 5,1 millioner eks mva.

Byggherrekostnadene på kr 3,9 millioner eks mva. kommer av at prosjektet hadde med en ekstra prosjektleder for utslippsfri gjennomføring. I forkant av oppstart gikk det med mye tid for å kartlegge markedet for utslippsfrie maskiner og maskinbehovet i prosjektet, etablere kontakt med netteier og utarbeide konsesjonsavtale med maskinutleier. I tillegg til en ekstra prosjektleder var en del av byggherrekostnadene tilknyttet kommunikasjon og formidling av prosjektet og resultatene utad.

Totale ekstrakostnader for gjennomføring av prosjektet som en utslippsfri anleggs plass beløp seg til kr 9 011 000 eks mva. Rapporten påpeker at merarbeidet for å gjennomføre et tilsvarende prosjekt som en utslippsfri anleggs plass ville vært mindre for bymiljøetaten om det skulle bli gjennomført i dag. Grunnen er at erfaringene fra dette prosjektet kan brukes til gjennomføring av tilsvarende prosjekter, og at man etter hvert vil slippe å ha egne dedikerte prosjektressurser til gjennomføring av utslippsfri anleggsdrift. Likevel regner BYM fortsatt med vesentlige ekstrakostnader for å gjennomføre utslippsfrie prosjekter slik markedet er i dag, blant annet på grunn av dyrere maskinleie. Samtidig anbefaler BYM at andre som skal utføre sitt første utslippsfrie prosjekt setter av egne ressurser, fordi det vil kreve mer arbeid enn å gjøre det på tradisjonelt vis med fossil drift.

3.2.5 Tiltakskostnad for elektriske anleggsmaskiner

Tabell 7: Oppsummering av utslipp og kostnader for beregning av tiltakskostnad for elektriske anleggsmaskiner (Midtskog, 2023).

Tiltakskostnad for elektriske anleggsmaskiner	
Utslipp fra drift med elektrisk anleggsmaskiner, kg CO ₂	54 760
Utslipp fra drift med dieselmaskiner, kg CO ₂	118 187
Differanse, kg CO ₂	63 427
Merkostnad utslippsfri byggeplass, kr eks mva	9 011 000
Kr per spart kg CO₂	142

Klimaavtrykket for bruk av elektriske anleggsmaskiner ved Olav Vs gate ble beregnet i denne oppgaven til å være 63 427 kg CO₂ lavere enn om prosjektet skulle blitt driftet med dieselmaskiner. Ekstrakostnadene for gjennomføring av utslippsfri anleggsplass var 9 011 000 kr eks mva. **Dette gir en tiltakskostnad på kr 142,- per kg spart CO₂.**

3.3 Besparelse av CO₂ og kostnader ved bruk av norsk naturstein

I denne delen av oppgaven skal jeg se på den potensielle miljøgevinsten av å gå til innkjøp av norsk granitt istedenfor kinesisk. Det er valgt å sammenligne med kinesisk fordi store volumer av importert naturstein kommer fra dette landet. For å finne tall på utslipp for granitt har jeg valgt å ta utgangspunkt i EPDer som finnes inne på sidene til EPD Norge. En EPD (Environmental Product Declaration) blir ofte omtalt som en miljødeklarasjon for et produkt. En EPD gir informasjon om miljøegenskapene til et produkt for ulike faser i livsløpet helt fra produksjon til behandling av produktet som avfall (Dibk, 2023). Utslippstallene det tas utgangspunkt i er GWP-verdier, som er et mål på oppvarmingseffekten av de ulike drivhusgassene har på atmosfæren (Mamen, 2022). Livsløpsfasene inkludert i beregningen for utslipp er produksjonsfasen (A1-A3) og transportfasen (A4). Tall for utslipp vil dermed gi info om klimaavtrykket til produktet når det leveres til en bygge- eller anleggsplass. Som enhet brukes «kg CO₂ per tonn produkt», samme enhet som brukes i EPDen.

For å finne prisforskjellen mellom norsk og kinesisk granitt er det tatt utgangspunkt i pris for 3 ulike granittprodukter som jeg har fått tilgang på gjennom Skaaret Landskap.

3.3.1 Utslipp norsk naturstein

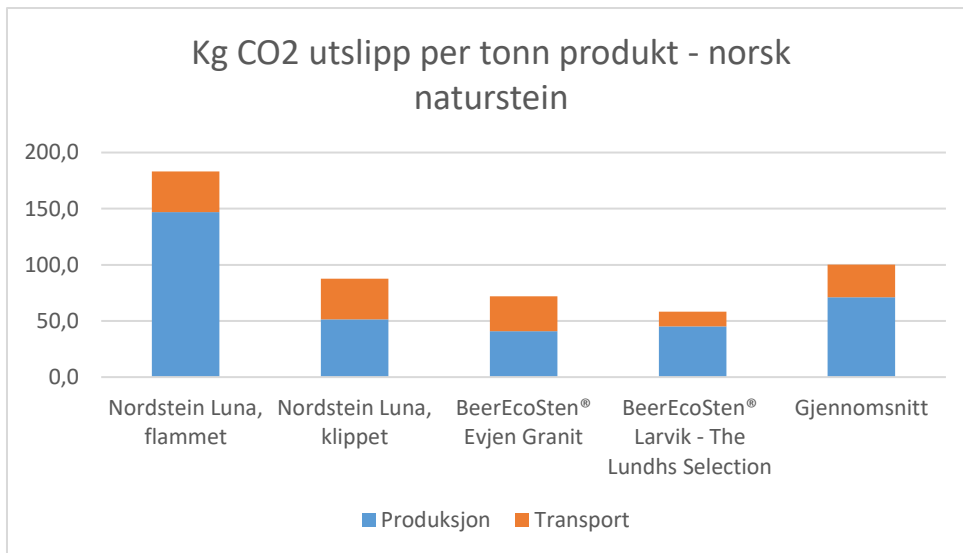
EPDene som er lagt til grunn for beregning av CO₂-utslipp til norsk naturstein gjelder for ulike produkter med forskjellig form og overflatebehandlinger. *Nordstein Luna, flammet* har som navnet tilsier en flammet overflate, mens *Nordstein Luna, klippet* har en klippet overflate. EPDene for *BeerEcoSten® Evjen Granitt* og *BeerEcoSten® Larvik - The Lundhs Selection* gjelder for en miks av produkter med forskjellig overflatebehandling.

De fire produktene kommer fra tre ulike bergarter; anortositt, granitt og larvikitt. Fellestrekket for EPDene er at de gjelder for produkter som kan brukes både til brostein, trappetrinn, kantstein og belegg. Selv om det brukes fire ulike bergarter, antas det at alle kan brukes til det samme formålet i et grøntanlegg. Det legges derfor til grunn at disse produktene vil være et representativt utvalg av norsk naturstein som kan fungere som alternativer til kinesisk granitt.

Tabell 8: Beregning av utslipp for norsk granitt med utgangspunkt i tall fra EPDer hentet fra EPD-Norge sine sider (Midtskog, 2023).

Kg CO ₂ -utslipp per tonn produkt - norsk naturstein			
Produkt	Produksjon (A1-A3)	Transport (A4)	Totalt (A1-A4)
Nordstein Luna, flammet	147,0	36,1	183,1
Nordstein Luna, klippet	51,5	36,1	87,6
BeerEcoSten® Evjen Granit	41,0	31,0	72,0
BeerEcoSten® Larvik - The Lundhs Selection	45,2	13,0	58,2
Gjennomsnitt	71,2	29,0	100,2

I EPDene er det beregnet utslipp for transport til sluttforbruker. I alle de fire EPDene er det lagt til grunn at produktene skal leveres til sluttforbruker i Oslo-regionen. I gjennomsnitt vil produksjonsstadiet (A1-A3) utgjøre 71% av totale utslipp med ca. 71,2 kg CO₂, og transportstadiet(A4) utgjør 29% med ca. 29,0 kg CO₂. Om dette sammenstilles, så har de fire produktene gjennomsnittlig klimaavtrykk på 100,2kg CO₂ per tonn produkt fra produksjon og frem til levering av produktet til sluttforbruker.



Figur 8: Diagram tar utgangspunkt i totale utslipp (A1-A4) vist i tabell 8

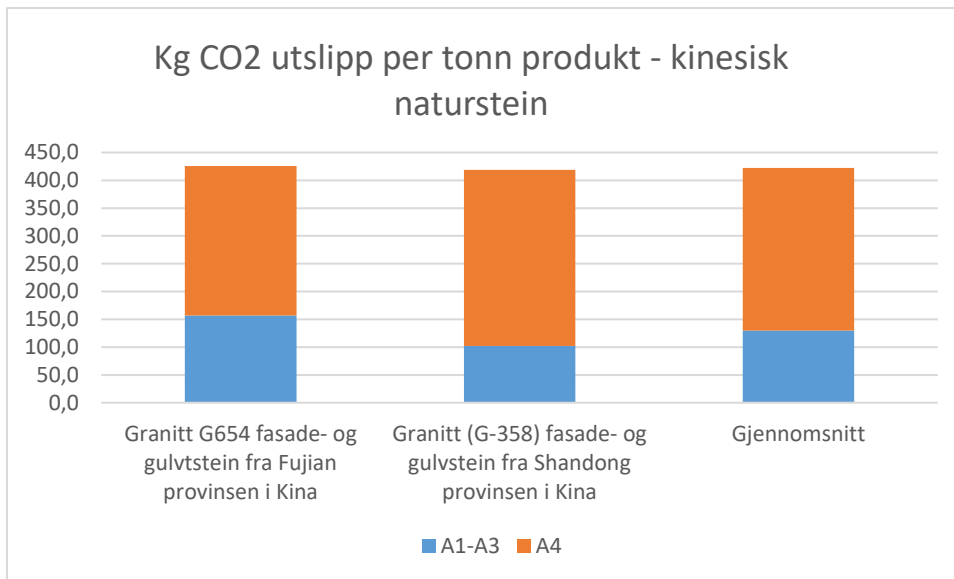
3.3.2 Utslipp kinesisk granitt

For beregning av utslipp er det tatt utgangspunkt i to EPDer for kinesisk granitt fra to ulike provinser i Kina. Opprinnelig ville jeg inkludere flere EPDer for å få et mer representativt gjennomsnitt, men jeg lyktes ikke å finne flere EPDer for kinesisk naturstein inne på EPD-Norge sine sider. Miljødeklarasjonene som er benyttet gjelder for granittprodukter som ifølge EPDene kan brukes både til kledning av fasader og gulv innendørs og utendørs.

Tabell 9: Beregning av utslipp for kinesisk granitt med utgangspunkt i tall fra EPDer hentet fra EPD-Norge sine sider (Midtskog; 2023)

Kg CO2-utslipp per tonn produkt - kinesisk naturstein			
Produkt	Produksjon (A1-A3)	Transport (A4)	Totalt (A1-A4)
Granitt G654 fasade- og gulvstein fra Fujian provinsen i Kina	157,1	268,8	425,9
Granitt (G-358) fasade- og gulvstein fra Shandong provinsen i Kina	102,0	317,0	419,0
Gjennomsnitt	129,6	292,9	422,4

I gjennomsnitt utgjør produksjonsstadiet (A1-A3) 31% av totale utslipp med 129,6 kg CO₂, og transportstadiet(A4) 69% med 292,9 kg CO₂. Totalt har de fire produktene gjennomsnittlig klimaavtrykk på 422,4 kg CO₂ per tonn produkt fra produksjon og frem til levering av produktet til sluttforbruker.



Figur 9: Diagram tar utgangspunkt i totale utslipp (A1-A4) vist i tabell 9.

3.3.3 Pris på norsk og kinesisk naturstein

På grunn av oppgavens omfang har jeg her valgt å begrense meg til å sammenligne tre forskjellige natursteinprodukter av granitt fra Norge og Kina. Prisene jeg bruker kommer fra to ulike leverandører av naturstein. Prisene ble hentet inn i forbindelse med en jobb Skaaret leverte tilbud på i 2023. Jobben innebar omfattende natursteinsarbeider. I beregningen tar jeg utgangspunkt i priser fra to ulike leverandører, hvor den ene tilbydde norsk granitt og den andre kinesisk. Av konkurransemessige årsaker kan jeg ikke vedlegge det faktiske tilbudet, referere til leverandørene eller oppgi hvilket prosjekt tilbudet er basert på.

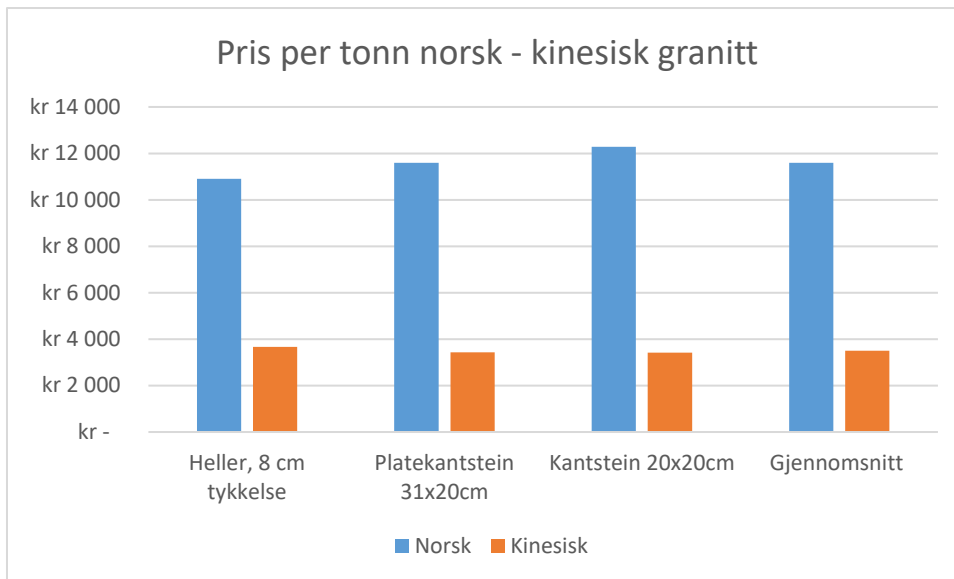
Tabell 10: Kostnader ved norsk og kinesisk granitt for 3 ulike produkter (Midtskog, 2023)

Kostnadsoverslag heller				
Produkt	Enhet	Pris pr enh eks mva	Pris pr m3	Pris per tonn eks mva
Heller 8 cm, norsk	m2	2 354	29 425	10 898
Heller 8 cm, Kinesisk	m2	793	9 913	3 671
			Differanse	7 227

Kostnadsoverslag platekantstein				
Produkt	Enhet	Pris pr enh eks mva	Pris pr m3	Pris per tonn eks mva
Platekantstein 31x20cm, norsk	lm	1 942	31 323	11 601
Platekantstein,31x20cm, kinesisk	lm	574	9 258	3 429
			Differanse	8 172

Kostnadsoverslag kantstein				
Produkt	Enhet	Pris pr enh eks mva	Pris pr m3	Pris per tonn eks mva
Kantstein 200x200, norsk	lm	1 327	33 175	12 287
Kantstein 200x200, kinesisk	lm	369	9 225	3 417
			Differanse	8 870

Gjennomsnittspriser norsk og kinesisk granitt	
Produkt	Pris per tonn eks mva
Norsk granitt	11 595
Kinesisk granitt	3 506
Differanse	8 089



Figur 10: Pris eks mva. per tonn produkt for heller, platekantstein og kantstein fra Norge og Kina. Diagram tar utgangspunkt i tall fra tabell 10.

De opprinnelige enhetsprisene er gjort om til pris per tonn ved å bruke massetetthet på 2,7 tonn/m³. Dette er gjort for å enklere kunne sammenstille dette med utslipp i kg CO₂, som også er per tonn produkt. I gjennomsnitt vil pris per tonn produkt for hellene og de to kantsteinsproduktene ende opp på 11 595,- eks mva. for norsk granitt. For kinesisk granitt er gjennomsnittsprisen på 3506,- eks mva. Differansen er med andre ord kr 8089,- per tonn, og den norske granitten vil i dette eksempelet være ca. 3,3 ganger dyrere enn kinesisk granitt.

3.3.4 Tiltakskostnad for bruk av norsk naturstein

Tabell 11: Sammenstilling av kostnader og utslipp for kinesisk og norsk naturstein (Midtskog, 2023).

Tiltakskostnad for bruk av norsk naturstein		
Opprinnelsesland	Pris per tonn produkt, eks mva	Utslipp kg CO ₂ per tonn produkt
Norge	11 595	100,2
Kina	3 506	422,4
Differanse	8 089	322,2
Besparelse CO ₂ -utslipp ved bruk av norsk granitt	322,2	
Merkostnad norsk granitt, eks mva	8089	
Tiltakskostnad (Kr per spart kg CO₂)	25	

Merkostnaden/differansen for norsk granitt sammenlignet med kinesisk granitt ble beregnet til kr 8 089,- eks mva. per tonn produkt og klimaavtrykket er i gjennomsnitt 322,2 kg lavere per tonn. **Dette gir en tiltakskostnad på kr 25,- per kg spart CO₂.**

3.3.5 Beregning: Anvendt tiltak på Olav Vs gate

Ut ifra poster i anbudskravet til Olav Vs gate fra 2019 gate som jeg har fått tilgang på gjennom Skaaret Landskap er det beregnet granittdekker på 5140m² (Oslo kommune v/ Bymiljøetaten, 2019). Dekket har varierende tykkelse, men beregninger viser en gjennomsnittlig tykkelse på ca. 12 cm, som gir en totalvekt på 1665 tonn ved å bruke en egenvekt for granitt på 2,7 tonn/m³ (NVE, 2022).

For videre regnestykker brukes merkostnaden på kr 8089,- per tonn produkt og utslippsbesparelsen på 322,2 kg CO₂ per tonn produkt, som beregnet tidligere i oppgaven, og vist i tabell 11.

Tabell 12: Sammenstilling av kostnader og utslipp for 2 alternative gjennomføringer; med norsk granitt og kinesisk granitt (Midtskog, 2023)

Regneeksempel - granittdekker i Olav Vs gate		
Opprinnelsesland	Kostnad eks mva	Utslipp kg CO ₂
Norsk granitt	19 305 675	166 833
Kinesisk granitt	5 837 490	703 296
Merkostnad/utslippsbesparelse ved norsk granitt	13 468 185	536 463

Tabell 12 viser at med mengden granitt i Olav Vs gate vil merkostnaden beregne seg til 13 468 185 kr, samtidig som det vil oppnås en besparelse på 536 463 kg CO₂ ved å bruke norsk granitt istedenfor kinesisk granitt i prosjektet (Skaaret Landskap AS, 2023).

3.4 Besparelse av CO₂ og kostnader ved gjenbruk av masser

Masser som skal benyttes til bygge og anleggsformål kan være nyproduserte masser, for eksempel fra et pukkverk eller en jordprodusent. Alternativt kan det være gjenbruksmasser som enten kommer fra utgravde masser på prosjektet, eller overskuddsmasser fra andre prosjekter. I denne delen av oppgaven vil jeg undersøke den potensielle miljøgevinsten i form av redusert CO₂-utslipp og eventuelle kostnader ved direkte gjenbruk av masser i et anleggsprosjekt.

3.4.1 Prosesser ved masseutskifting

Masseutskifting kan deles inn i ulike prosesser. Prosessene vil variere fra et anlegg til et annet, men vil ha mange likhetstrekk. I korte trekk vil det som regel involvere utgraving av stedlige masser fra prosjektet, opplasting på lastebil, eventuell mellomlagring og bortkjøring til deponi. Når de «gamle» massene er kjørt ut vil det kjøres inn nye masser egnet til formålet, før disse legges ut med gravemaskin/annet egnet utstyr og komprimeres. Ved å gjenbruke

stedlige masser på anlegget vil man kunne redusere behovet for både transport, deponering og innkjøp.

For å finne besparelse av klimagassutslipp og kostnader ved gjenbruk velges det et tenkt scenario:

1. Det foreligger opprinnelig en plan om at stedlige masser på anlegget skal graves ut og forsterkningslaget skal bygges opp med kult 20/120 og bærelaget med pukk 0/32.
2. Stedlige masser graves opp, ettersom de etter planen skal skiftes ut med egnede masser fra et pukkverk e.l.
3. Under utgraving viser det seg at deler av massene er av en kvalitet som gjør det mulig at de gjenbrukes i bærelaget og forsterkningslaget uten prosessering/sortering, og antas å ha de samme funksjonene som tilsvarende masser levert fra et pukkverk.
4. Det gis tillatelse fra byggherre om å gjenbruke deler av massene til bruk som forsterkningslag og bærelag

Tabell 13: Eksempel på prosesser som kan unngås (merket med oransje) ved gjenbruk av masser (Midtskog, 2023)

Alternativ 1: total masseutskifting med innkjøring av eksterne masser	Alternativ 2: gjenbruk av masser på anlegget
Prosesser:	Prosesser:
• Utgraving av stedlige masser	• Utgraving av stedlige masser
• Opplasting av utgravde masser	• Opplasting av utgravde masser
• Bortkjøring av utgravde masser	• Bortkjøring av utgravde masser
• Deponering av utgravde masser	• Deponering av utgravde masser
• Produksjon av nye masser	• Produksjon av nye masser
• Innkjøring av nye masser	• Innkjøring av nye masser
• Utlegging nye masser	• Utlegging av masser
• Komprimering nye masser	• Komprimering av masser

Ved å gjenbruke de oppgravde massene på prosjektet vil man redusere behovet for opplasting på lastebil, bortkjøring og deponering. I tillegg vil gjenbruk av masser på stedet redusere behovet for innkjøp av nye masser fra et pukkverk. Prosessene markert i rødt vil derfor ikke

være nødvendig ved gjenbruk. Ved å regne på utslipp og kostnader for disse prosessene vil man derfor sitte igjen med besparelsen ved å gjenbruke masser i scenarioet over. For å forenkle beregningen sees i dette eksemplet bort fra eventuell mellomlagring og sikting/sortering av massene på et eksternt depot før de gjenbrukes samt eventuelle ekstrakostnader for kvalitetssikring av gjenbruksmassene.

3.4.2 Besparelser av CO₂-utslipp og kostnader ved gjenbruk

Nedenfor er det vist en teoretisk beregning av spart CO₂-utslipp og kostnader ved gjenbruk.

Tabell 14: CO₂-utslipp og kostnader for ulike prosesser ved masseutskifting (Midtskog, 2023)

Beregnet CO ₂ -utslipp og kostnader ved masseutskifting		
Aktivitet	Kg CO ₂ -utslipp per tonn	Kostnad eks mva per tonn
Opplasting av masser på lastebil med 25-tonns gravemaskin	0,91	14,3
Utkjøring av masser fra anlegget til deponi med lastebil(kapasitet 30 tonn)	4,72	120
Deponering	0,45	40
Produksjon av nye masser og transport til anlegg	9,72	106
Sum	15,8	280,3

Beregninger gjort i samarbeid med Skaaret Landskap AS viser at totale utslipp for aktivitetene summerer seg til 15,8 kg CO₂ per tonn og en kostnad på kr 280,3,- eks mva. Dette reflekterer utslipp- og kostnadsbesparelsene ved å gjenbruke masser på anlegget, om alternativet er masseutskifting med innkjøring av nyproduserte masser. I motsetning til de andre tiltakene som fører til ekstra kostnader, fører gjenbruk av masser her til reduserte kostnader for hvert tonn som kan gjenbrukes. **Dette gir en negativ tiltakskostnad(besparelse) avrundet til kr 18,- per kg spart CO₂.**

Forklaring til CO₂-utslipp og kostnader i tabell:

Opplasting av masser på lastebil: Beregningen forutsetter bruk av en gravemaskin på 25 tonn med dieselforbruk på 20 liter/per time (Kjendseth Wiik, Fjellheim, & Gjersvik, 2022) som tilsvarer et dagsforbruk på 160 liter per dag. Dette gir et utslipp på 512 kg CO₂ (utslippsfaktor 3,2 kg/per liter). Det anslås at maskinen laster opp 350m³ som vil tilsvare ca. 560 tonn per dag ved å bruke en omregningsfaktor på 1,6 fra utført løse masser(m³) til tonn (Skaaret Landskap AS, 2023). Totale CO₂-utslipp per dag er delt på dagsproduksjon i tonn.

For kostnad er det anslått en dagspris på kr 8 000,- per dag for maskin med fører, som også deles på dagsproduksjonen i tonn (Skaaret Landskap AS, 2023).

Utkjøring av masser fra anlegget til deponi med lastebil: I beregningen er det forutsatt bruk av lastebil med henger (kapasitet 30 tonn) med et dieselforbruk 0,6 liter per kilometer. Transportdistansen er beregnet til 73,8 kilometer, som er gjennomsnittlig avstand tur/retur Olav Vs gate til 5 forskjellige massedeponier utenfor Oslo (Midtskog, Beregning av transportavstand fra Olav Vs gate til 5 ulike deponier utenfor Oslo, 2023). Dieselforbruket per tur gir et utslipp på ca. 142 kg CO₂ (utslippsfaktor 3,2kg/per liter) som deles på 30 tonn. Kostnaden tar utgangspunkt erfaringspriser for massetransport ut av Oslo (Skaaret Landskap AS, 2023).

Deponering: Utslipp for deponering er knyttet til bruk av maskiner og håndtering av masser på mottaksanlegget. Samtaler med to ulike massedeponier utenfor Oslo ga informasjon om dieselforbruk i liter per tonn mottatt masse (NOAH AS & Feiring AS, 2022). Dette tilsvarte et gjennomsnittlig forbruk på 0,14 liter per tonn som multipliseres med utslippsfaktor 3,2kg/per liter. Kostnaden tar utgangspunkt i erfaringspriser for deponering av rene masser (Skaaret Landskap AS, 2023).

Produksjon av nye masser og transport til anlegg: Tall for utslipp er hentet fra en EPD for pukk produsert ved Bjønndalen bruk i Nittedal utenfor Oslo. Livsløpsfasene inkludert i beregningen for utslipp er produksjonsfasen (A1-A3) og transportfasen (A4). EPDen viser at ulike masser vil ha varierende utslipp ved produksjon etter hvilke prosesser de har gjennomgått. Pukk 0/32 og kult 20/120, som jeg tar utgangspunkt i, vil ifølge EPDen ha like utslipp ved produksjon. For beregning av utslipp for levering av massene er det med utgangspunkt i at de leveres til sluttforbruker i Oslo (LCA.no AS, 2023). Kostnaden er med utgangspunkt i erfaringspriser for innkjøp inkludert levering på anleggsplass. Kostnaden er et gjennomsnitt av pris for pukk og kult (Skaaret Landskap AS, 2023).

3.4.3 Beregning: Anvendt tiltak på Olav Vs gate

Prosjektet Olav Vs gate berører et totalt areal på 7700m², ifølge beregninger gjort i samarbeid med Skaaret, med utgangspunkt i anbudsbeskrivelsen. Totalt beskrevet masseutskifting er 4740 m³. I dette regnestykket er masseutskifting redusert til 4100 m³ da overskuddsmasser fra grøftarbeider (640 m³) ansees som mindre egnet for gjenbruk enn øvrige masser. Dette begrunnes med at de sannsynligvis har en forurensingsgrad og beskaffenhet som gjør dem

uegnet for gjenbruk som forsterknings- og bærelag uten å sette inn ytterligere tiltak for å øke kvaliteten til massene (Skaaret Landskap AS, 2023).

Beskrevet masseutskifting på 4100m^3 fordelt på et berørt areal i prosjektet på 7700m^2 vil gi en gjennomsnittlig gravedybde på 53cm. For videre beregninger er det antatt at 20cm av gjennomsnittlig gravdybde kan gjenbrukes direkte på anlegget, som bærelag eller forsterkningslag. For å komme frem til 20cm er det antatt 100% gjenbruk av eksisterende bærelag antatt tykkelse 10cm og ca. 25% gjenbruk av eksisterende fundamentmasser under bærelag (Skaaret Landskap AS, 2023).

Gitt disse forutsetningene vil en potensiell mulighet for gjenbruk av masser summere seg til $1540\text{m}^3(7700\text{m}^2*0,2\text{m})$. Ved å regne om fra faste kubikk til tonn vil dette tilsvare 2926 tonn ($1540\text{m}^3*1,9$). Omregningsfaktor er satt til 1,9, som tilsvarer godt komprimerte blandingsmasser av leire, sand og grus (NVE, 2022).

Tabell 15: Beregnet utslipp- og kostnadsbesparelser i Olav Vs gate ved gjenbruk av masser (Midtskog, 2023)

Beregnet utslipp- og kostnadsbesparelser i Olav Vs gate ved gjenbruk av masser		
Tonn	Besparelse kg CO ₂ -utslipp	Besparelse av kostnader eks mva
2926	46231	820158

Potensialet for gjenbruk av masser i Olav Vs gate ble i denne oppgaven beregnet til 2926 tonn. Ved å bruke utslippsbesparelsen 15,8 kg CO₂ per tonn vil dette gi en besparelse på 46 231 kg CO₂. Kostnadsbesparelse ved å gjenbruke et tonn masse ble beregnet til kr 280,3 per tonn som vil gi en total besparelse på kr 820 158,- eks mva.

3.5 Sammenligning av klimatiltak



Figur 11: Sammenstilling av tiltakskostnad av de tre ulike klimatiltakene (Midtskog, 2023).

Diagrammet over viser en sammenstilling av tiltakskostnadene for de ulike tiltakene. Det kommer tydelig frem at det er store forskjeller i kostnaden opp mot besparelse av CO₂-utslipp ved gjennomføring av tiltakene. Elektriske maskiner som klimatiltak vil ha den høyeste tiltakskostnaden med kr 142,1,- per kg redusert CO₂-utslipp. Dette tilsvarer nesten 6 ganger høyere tiltakskostnad enn bruk av norsk naturstein som har en tiltakskostnad på kr 25,-. Gjenbruk av masser har her en negativ tiltakskostnad på kr -18,-, ettersom det ble beregnet at en gjennomføring av tiltaket vil gi lavere kostnader enn alternativet. Alle tiltakskostnadene er eksklusive mva. For å presisere; en lav tiltakskostnad gir høy måloppnåelse i forhold til forbrukte ressurser.

Tabell 16: Totale kostnader og reduksjon av utslipp for de tre tiltakene ved Olav Vs gate (Midtskog, 2023)

Sammenstilling av beregnet effekt av tiltak ved Olav Vs gate		
Tiltak	Kostnad eks mva	Utslippsreduksjon kg CO2
Elektriske maskiner	9 011 000	63 427
Norsk naturstein	13 468 185	536 463
Gjenbruk av masser	-820 158	46 231

Over ser vi en sammenstilling total beregnet effekt av å gjennomføre klimatiltakene i Olav Vs gate som beregnet i denne oppgaven. Bruk av norsk naturstein vil gi den høyeste utslippsbesparelsen, men også den høyeste kostnaden. Gjenbruk av masser vil ifølge beregninger gi den laveste utslippsbesparelsen, men føre til en reduksjon av kostnader.

3.6 Erfaringer fra bransjen

I denne delen av oppgaven vil jeg gjengi viktige punkter fra en samtale med en prosjektleder fra Skaaret Landskap AS for å få frem deres synspunkter rundt klimatiltakene omtalt i denne oppgaven (Skaaret Landskap AS, 2023).

I samtalen stilte jeg spørsmål om hvordan økt fokus på miljø i anleggsbransjen har påvirket dem som bedrift. De kunne fortelle at det har vært store omstillinger de siste årene, og at de fleste jobbene de leverer tilbud på har med miljø som tildelingskriterier. Det ble understreket at dette er helt nødvendig for å drive bransjen i riktig retning, og at man ikke ville sett utviklingen man har i dag om det ikke hadde vært for bruk av miljø som tildelingskriterium. Entreprenøren erfarer at offentlige byggherrer har gått i front her, men at private oppdragsgiver også har begynt å vekte miljø tyngre. Imidlertid opplever de at oppdragsgiveren ofte er mest opptatt av enkelte miljøtiltak framfor andre.

I svært mange anbudskonkurranser går dette utelukkende ut på bruk av elektriske maskiner, hvor de blir tildelt poeng etter hvor stor del av maskinparken de klarer å levere som elektrisk. I tillegg blir det ofte stilt krav om bruk av biodrivstoff. Entreprenøren poengterer at miljø favner mye bredere enn bare dette, og at det finnes flere andre tiltak som kan være aktuelle å se mer på. Det legges til at det brukes ressurser på andre områder, som for eksempel bruk av lavutslippsmaterialer, men helhetsinntrykket er at det ofte legges uforholdsmessig stor vekt på bruk av elektriske anleggsmaskiner og biodrivstoff som klimatiltak i anskaffelser.

3.6.1 Elektriske maskiner

Entreprenøren forteller at store deler av miljøfokus i jobbene de har utført har gått på bruk av elektriske anleggsmaskiner, men også bruk av biodrivstoff for å kutte direkte utslipp i anleggsfasen. Mer hyppig bruk av elektriske maskiner har ført til at de må tenke planlegging og gjennomføring av prosjekter i en tidligere fase. Dette skyldes behovet for å sikre at anlegget har tilstrekkelig infrastruktur og kapasitet for å drifte maskinene, samt planlegging av praktisk gjennomføring. Noe som fører til en større bruk av ressurser i anbudsfasen og høyere total kostnader for prosjekter. Skaaret Landskap har gjennomført flere prosjekter med elektrisk anleggsdrift, som de kan fortelle har foregått med relativt få komplikasjoner. De forteller videre at det er en betydelig fordel om byggherre har gjort grundige forundersøkelser av anlegget. Om byggherrer tar mer ansvar og risiko for tilgjengelig infrastruktur, vil det gjøre jobben med prising og gjennomføring mindre risikofylt. Ifølge entreprenøren vil dette bidra til å skape jevnere konkurranse og øke mengden aktører/tilbydere i konkurranser med elektrisk gjennomføring.

Tidligere har firmaet opplevd at det har vært vanskelig å få tak i nok elektriske anleggsmaskiner på grunn av en knapphet i markedet. Situasjonen har bedret seg når det kommer til tilgang, men de kan vise til at leiekostnadene for en elektrisk anleggsmaskin fortsatt er omtrent 3 ganger høyere enn for en dieselmaskin med samme kapasitet. I tillegg vil det i anleggsfasen foreligge ekstrakostnader som kan linkes til et høyere tidsforbruk, som blant annet kommer fra lading og håndtering av kabler. På grunn av dette pleier de å legge inn en sikkerhetsmargin som tar hensyn til økt tidsforbruk, når de leverer tilbud på jobber med utslippsfri gjennomføring.

Entreprenøren fremhever at elektriske maskiner er et viktig bidrag for miljø i bygg- og anleggsbransjen, og det er noe som har kommet for å bli. I tillegg til den åpenbare fordelene med reduksjon av klimagassutslipp, blir det nevnt andre positive faktorer som redusert støy og bedre luftkvalitet på grunn av mindre lokal forurensing. Disse fordelene vil gi betydelig positive effekter, spesielt i tett befolkede områder. Det påpekes imidlertid at det ikke nødvendigvis vil være riktig bruk av ressurser å kun fokusere på elektrisk anleggsdrift. Dette vil gjelde prosjekter hvor infrastrukturkostnadene for å igangsette et elektrisk anlegg blir svært høye sammenlignet med miljøgevinsten. I slike tilfeller vil det kunne være fornuftig å vurdere alternative/supplerende klimatiltak, som kan være mer kostnadseffektive.

3.6.2 Naturstein

Når det kommer til naturstein, opplever firmaet at det brukes mer norsk stein i norske anlegg. Innenlandsk produksjon har også blitt trappet opp de siste årene. Flere produkter med norsk opprinnelse begynner å bli konkurransedyktige både på pris og kvalitet sammenlignet med tilsvarende produkter fra utlandet. Dette gjelder produkter som krever relativt lite bearbeiding og arbeidstimer for å fremstille, som for eksempel murblokker. I dag benytter Skaaret nesten utelukkende norske produkter i alle natursteinsmurer de leverer.

Norske produsenter sliter fortsatt med å konkurrere på pris på produkter som krever mye bearbeiding og overflatebehandling, som flammings, meisling etc. for fremstilling av det ferdige produktet. Dette vil gjelde blant annet kantstein, heller og platebelegg, hvor prisen for norske produkter vil koste omtrent tre ganger så mye som tilsvarende fra Asia. Dette fører til at slike produkter som regel bestilles fra utlandet dersom anskaffelsene skjer uten andre kriterier enn laveste pris. I en bransje hvor prosjekter blir tildelt gjennom anbudsprosesser spiller prisen en sentral rolle for å sikre seg oppdrag og opprettholde lønnsomheten. På grunn av dette vil det være vanskelig å være konkurransedyktige når man velger norsk naturstein, om alternativet er å gå til innkjøp av utenlandske produkter til en tredel av prisen. Det finnes likevel unntak, der norsk naturstein blir brukt i prosjekter, selv om prisen totalt sett er høyere. I disse tilfellene skyldes det krav fra byggherre til klimaavtrykk, maksimal transportavstand eller opprinnelsessted til produktet, som fører til at man utelukker leveranser fra utlandet.

Entreprenøren ønsker å se mer norsk naturstein i grøntanlegg, men er da avhengig av at det stilles krav til leveransen som bidrar til å gjøre kortreiste produkter konkurransedyktige. I tillegg til et lavere klimagassutslipp vil bruk av norske produkter gjøre det lettere å inspisere produksjonsstedet for å besikte leveranser og foreta kvalitetssikring. Det bemerkes for øvrig at norsk stein har mye kortere leveringstid en «langreist» stein fra for eksempel Asia. Rask leveringstid for materialer er en stor fordel ved at det blant annet reduserer risikoen for forsinkelser, noe som er avgjørende for å opprettholde kontinuerlig og effektiv fremdrift.

3.6.3 Gjenbruk av masser

Entreprenøren beskriver ulike fordeler ved gjenbruk av masser. Ved å bruke materialer man allerede har tilgang på, vil man kunne stimulere til økt sirkularitet, mindre «bruk og kast» og et redusert behov for innkjøp av nye masser. En annen fordel er mindre transport med tunge kjøretøy fra og til anleggsplassen, som er en særlig fordel i bymiljø. Mindre anleggstransport kan bidra til bedre HMS ved at man reduserer ulemper for andre trafikanter og fotgjengere.

Man vil også kunne redusere utslipp, som bidrar både til et bedre klimaregnskap for prosjektet og bedre luftkvalitet ved mindre lokal forurensing.

Erfaringer fra firmaet tilsier at det i dag blir lagt lite vekt på gjenbruk av masser i anbudskonkurranser. I de konkurransene de har deltatt på, har de ikke opplevd at miljø som tildelingskriterium har blitt brukt for å belønne gjenbruk som et alternativ til å kjøre ut eksisterende masser og kjøpe inn nye. Generelt er det en lav etterspørsel etter gjenbruk av masser fra byggherren sin side. Selv om entreprenøren gjerne skulle gjenbrukt mer masser, så er det ofte vanskelig å få gjennomslag for dette, på grunn av at det ofte vil være vanskelig å dokumentere kvalitet og mengder.

I mange prosjekter blir det kjørt ut store volum av masser som går til deponering. Store deler av disse massene har ifølge entreprenøren potensiale for gjenbruk. Det tas som eksempel at det ofte kastet svært mye god vekstjord som til og med kan være bedre enn ny jord som kommer fra en jordprodusent. Dette skjer ettersom anbudsbeskrivelser ofte angir strenge krav til sammensetning og innhold av ulike komponenter. Det vil ofte være svært vanskelig å dokumentere at stedlig jord oppfyller alle disse kravene. Dette fører til at den i stedet blir kjørt bort, kastet og erstattet med ny jord. Det samme vil gjelde for masser som kan brukes for eksempel til forsterkning- og bærelag som ofte krever omfattende dokumentasjon av tekniske kvaliteter og egenskaper.

Samtaleobjektet trekker frem at det i tilfeller vil være rasjonelt å lempe på tekniske krav, i det minste dokumentasjonskrav, for å stimulere til mer gjenbruk. Krav til masser burde sees i sammenheng med formålet de skal brukes til. Det gis som eksempel at masser til bruk til fundamentering av en tursti i en park ikke nødvendigvis trenger å oppfylle de samme tekniske kravene som masser brukt til fundamentering av en motorvei eller et sykehus, selv om det ofte beskrives etter samme standard.

Del 4: Drøfting

I drøftingsdelen av oppgaven vil jeg prøve å gi et svar på problemstillingen ved å gå gjennom oppgavens viktigste funn fra teoridelen, casestudien i Olav Vs gate og samtaler med en aktør i bransjen. Jeg vil gå nærmere inn på hvert av tiltakene og legge frem hvordan disse kan påvirke klimagassutslipp og kostnader i et grøntanleggsprosjekt. Til slutt vil jeg drøfte hvordan miljøaspekter brukes i anbudskonkurranser.

4.1 Elektriske maskiner/dieselmaskiner

Elektriske anleggsmaskiner vil kunne bidra til reduksjon i klimagassutslipp ved å gå bort fra bruk av fossile drivstoff. På den ene siden vil store direkte utslipp kuttes, men på den andre siden får man en forskyvning over til indirekte utslipp, knyttet til produksjon av strømmen som trengs for å drifte maskinene. Ved å gå fra drift på diesel over til strøm, vil man få en reduksjon på 100% av de direkte utslippene fra prosjektet. Mine beregninger, som også ser på indirekte utslipp, viser at det totale klimaavtrykket reduseres med bare 54%, ref. tabell 5 i kapittel 3.2.3. Bruk av elektriske anleggsmaskiner vil altså se svært bra ut sammenlignet med dieselmaskiner, om man ser på direkte utslipp. Virkningen ser imidlertid ikke like bra ut om man ser på det totale klimafotavtrykket. Sammenligning opp mot andre tiltak vil skje lengre ned i oppgaven,

Utslippsreduksjonen man får vil ha en relativt høy kostnad ut ifra mine beregninger i resultatdelen. Rapporten som omtaler erfaringer for utslippsfri anleggsplass i Olav Vs gate viser riktignok til at merkostnadene ved å gjennomføre et tilsvarende prosjekt i fremtiden vil bli lavere (Bymiljøetaten, 2020). Blant annet ved at administrative kostnader og leiekostnader for maskinene vil gå ned.

Selv om kostnadene ved elektrisk anleggsdrift etter hvert reduseres, må det skje drastiske endringer om kost-nytte skal komme på nivå med for eksempel bruk av norsk naturstein. Sett at merkostnaden ved elektrisk anleggsdrift ved Olav Vs gate hadde blitt halvert, så ville tiltakskostnaden vært omtrent kr 71,-. Dette er fortsatt ca. 3 ganger så dyrt som bruk av norsk naturstein (kontra kinesisk), som fikk en beregnet tiltakskostnad på 25 kr. Om kost-nyttens skal på samme nivå som bruk av norsk naturstein må kostnadene ned så mye som 82%. Rapporten fra BYM ble utgitt i 2020 og anslår at kostnader for el-maskiner skal ned, men Skaaret Landskap kunne fortelle at leie av el-maskiner fortsatt er omtrent tre ganger så dyrt som leie av en dieselmaskin med den samme kapasiteten (Skaaret Landskap AS, 2023). Samtidig må

det medregnes økt tidsforbruk i anleggsfasen som blant annet går til lading, håndtering av kabel med mer, som fører til ytterligere merkostnader man ikke vil ha med dieselmaskiner.

Metode: Bruk av elektriske maskiner vil medføre andre fordeler som har vært lite omtalt i oppgaven som for eksempel reduksjon av støy og bedre luftkvalitet i lokalmiljø. Det vil derfor være andre argumenter for å bruke el-maskiner enn bare utslippsreduisering. Om andre fordeler kan tallfestes og legges inn i en kost-nytte-analyse vil lønnsomheten derfor endre seg, og antageligvis gjøre elektriske anleggsmaskiner mer attraktivt.

4.2 Norsk naturstein/importert stein

Beregningene i denne oppgaven viser et stort potensial for besparelse av klimagassutslipp ved å velge norsk naturstein sammenlignet med kinesisk. Resultatdelen i kapittel 3 viser at tiltaket er langt mer kostnadseffektivt enn elektriske maskiner. Casestudien viser at de totale utslippsbesparelsene i dette tilfellet var over 8 ganger så store, med 535 819 kg CO₂, (63 427 kg for el-maskiner). Dette funnet samsvarer med det som står i veilederen «*Bærekraftig kjøp av bygg og anlegg*» til DFØ, nevnt i kapittel 2.1. Veilederen viser til at krav til utslippsfrie bygg- og anleggsplasser er viktig for å minimere direkte klimagassutslipp, men at det er gjennom valg av lavutslippsmaterialer man vil kunne få de store besparelsene (DFØ, 2023).

Mine beregninger viser at transporten vil ha stor påvirkning for de totale utslippene. Den kinesiske granitten hadde i gjennomsnitt 293,2 kg CO₂-utslipp per tonn produkt for transportstadiet. Dette er nesten 3 ganger så mye som det totale klimaavtrykket som ble beregnet for norsk naturstein.

Det kan reises tvil om mine beregninger som viser at den kinesiske natursteinen hadde i gjennomsnitt bare litt over 4 ganger så høye totale utslipp som norsk. Dette samsvarer ikke med rapporten fra Gaia Lista som hevder utslippet er i gjennomsnitt 11 ganger så høyt (Berge, 2005), og en bacheloroppgave som hevder det er 9 ganger så høyt (Asmul Lian, 2019). Alle beregningen viser uansett at det er en betydelig forskjell i klimaavtrykket til den norske og den kinesiske granitten, og at det er store utslipp å spare ved valg av materialer.

Spørsmålet man da kan stille seg er hvorfor bruk av norsk naturstein ikke har større fokus som klimatiltak. Etter samtalen jeg hadde med Skaaret fikk jeg inntrykk av at det er en økende trend med bruk av norsk naturstein (Skaaret Landskap AS, 2023). Dette skyldes delvis at flere norske produkter har blitt konkurransedyktige på pris, i tillegg til at byggherre i noen tilfeller spesifikt etterspør norsk stein i anbudsbeskrivelsene eller stiller miljøkrav som utelukker

utenlandske leveranser. Til tross for dette, kommer fortsatt det meste av naturstein til bruk i grøntanlegg fra utlandet, da utenlandske produkter ofte har en lavere pris og blir valgt fremfor norske alternativer.

En entreprenør vil ikke være konkurransedyktig ved å legge dyrere produkter til grunn for sin tilbudspris enn det konkurrentene gjør. Det må derfor foreligge insentiver i konkurransegrunnlaget for å kunne velge mer klimavennlige produkter. Byggherre har her gode muligheter til å øke bruk av mer miljøvennlige materialer ved enten å stille krav eller utforme tildelingskriterier på en måte som belønner entreprenører å levere produkter med lavt klimaavtrykk. Det foreligger en utvikling i retning av at store aktører ønsker å uttrykke at de tar samfunnsansvar gjennom å fastsette konkrete mål knyttet til klima- og miljøhensyn. Dette er i ferd med å bli en nødvendighet for å opprettholde goodwill og attraktivitet i markedet, både med hensyn til rekruttering og salg. Bevisste materialvalg vil kunne anerkjennes som tydelig realisering av uttrykte verdier. Dette bidrar til å oppfylle deres samfunnsansvar og samtidig styrke deres omdømme.

Resultatene viser klare fordeler med norsk naturstein, både med tanke på den totale påvirkningen av klimafotavtrykket til et prosjekt og kostnadseffektivitet ved tiltaket. Dette understreker behovet for økt bevissthet når det gjelder valg av naturstein.

Metode: I resultatdelen ble det valgt å sammenligne norsk og kinesisk granitt, som ved begge alternativer skal leveres til et anlegg i Oslo. All natursteinen som kjøpes fra utlandet vil ikke komme fra Kina, men jeg mener det var representativt å sammenligne med dette landet, ettersom betydelig mengder blir importert derfra. Naturstein levert fra for eksempel Portugal vil ha kortere transportavstand enn stein levert fra Kina, og antakeligvis lavere klimaavtrykk. Den nasjonale opprinnelsen er for så vidt ikke relevant for klimabetraktningene. Det er transportavstandene som er avgjørende. Til et anlegg i Tromsø vil stein levert fra en leverandør i Østfold for eksempel kunne ha høyere klimaavtrykk enn stein med relativt kort transportavstand fra nærliggende steinleverandører i Finland eller Sverige.

4.3 Gjenbruk av masser

Gjenbruk av masser viser seg å være det mest effektive tiltaket målt ut ifra tiltakskostnad beregnet i denne oppgaven. Forutsetningene jeg har valgt (direkte gjenbruk, ingen mellomagring, etc.) medfører at gjennomføring av tiltaket gir en kostnadsbesparelse. Dette er i motsetning til de to andre tiltakene som ga en merkostnad ved gjennomføring.

Selv om tiltaket med gjenbruk av masser var det mest effektive med tanke på tiltakskostnad, så hadde tiltaket den minste totale besparelsen, med en utslippsreduksjon på 46 231 kg CO₂. Det ble i eksempelet regnet på gjenbruk av bare 32% av massene (1540m³ gjenbrukt av totalt 4740m³) i Olav Vs gate. Ved å anta høyere gjenbruksgrad ville imidlertid også total besparelse blitt større.

Ved å gjenbruke masser vil man både kunne redusere avfallsmengden, samt bidra til et lavere forbruk ved at man reduserer innkjøpene og transportbehovet. Dette er viktige grep for å bidra til en mer sirkulær hverdag og bedre ressursutnyttelse. Som omtalt i teoridelen vil økt uttak fra grus- og pukkreserver føre til at prosjekter ved bynære steder blir avhengige av lengre transportdistanser for å få byggeråstoffene frem til prosjektområdet (Rise, et al., 2022). Det samme vil gjelde for deponier etter hvert som de blir overfylte, og man stadig vil måtte finne nye arealer til å deponere overskuddsmasser. Dette bidrar ytterligere til høyere utslipp ved transport, og beslag på areal som i utgangspunktet kunne blitt benyttet til andre formål.

Med mange gode grunner til gjenbruk kan man derfor være kritisk til at gjenbruksgraden ikke er høyere enn den er i dag. Ser man til Nederland som utnytter praktisk talt alt (99,8%) av overskuddsmasser, så har vi her i Norge en lang vei å gå hvor gjenbruksgraden ligger på snau 50% (Rise, et al., 2022). Det kan tyde på at kostnadene ved deponering og innkjøp av nye masser er for lave, som poengteres i en rapport fra SINTEF (Rise, et al., 2022). En annen årsak kan være manglende verktøy for kartlegging av undergrunnen som kan brukes på tvers av ulike prosjekter og aktører. Et slikt verktøy brukes i dag i Nederland for å gjøre det lettere å planlegge gjenbruk ved at man har bedre oversikt over sammensetning og kvaliteten på masser i ulike områder (Rise, et al., 2022). Gjenbruk av masser må ikke nødvendigvis skje på det samme anlegget som de blir gravd ut fra. Gevinstene vil kunne realiseres om det i større grad etableres anlegg/virksomheter som videreformidler og eventuelt bearbeider masser for gjenbruk.

Erfaringer fra Skaaret Landskap viser også at høye tekniske krav til massene og mangel på vilje fra byggherre er viktige årsaker til at det ikke blir gjenbrukt mer (Skaaret Landskap AS, 2023). Om kvalitets- og dokumentasjonskrav kan reguleres etter formål, og byggherre i større grad klarer å se nytten, så vil det være en større andel masser som har potensial for gjenbruk.

Metode: For beregningen i resultatdelen ble det brukt et forenklet scenario. Anleggsprosjekter midt i byen med et lite prosjektområde vil kanskje ikke ha tilstrekkelig med plass til å kunne mellomlagre og sortere massene på stedet, noe som vil kunne føre til at de må kjøres til et

eksternt deponi før de gjenbrukes. Dette ville medført både kostnader og utslipp ved transport. Kvalitetene til massene vil også være en viktig faktor. Jeg sitter ikke på data som sier noe om den faktiske kvaliteten på massene i Olav Vs gate. Det ble derfor gjort en antakelse om at en andel av massene er egnet for direkte gjenbruk, uten å sette inn ytterligere tiltak for å øke kvaliteten. Beregningen er hovedsakelig ment for å vise potensialet ved å gjenbruke masser, som ellers ville blitt kjørt til et deponi. Selv om det er gjort forenklinger, så vil beregnet tiltakskostnad uansett reflektere et stort potensial for dette tiltaket. På tross av at det vil kunne påløpe eventuelle kostnader ved mellomlagring og bearbeiding av massene før de gjenbrukes, så vil de store kostnadsbesparelsene ved å unngå deponering og innkjøp av nye masser, trolig veie opp for dette. Det er en stor forskjell mellom en negativ tiltakskostnad på kr -18,-, og opp til kr 142,- (elektriske anleggsmaskiner).

4.4 Miljø i offentlige anskaffelser

For å få ned klimaavtrykket til et prosjekt er det logisk å begynne med å lokalisere de store utslippene. Dette forutsetter en analyse av prosjektets særegenheter. Fordeling av utslipp på kilder vil variere fra et prosjekt til et annet på grunn av faktorer som prosjektets omfang, beliggenhet, materialvalg, transportbehov, maskinbehov og valg av energikilder. Det er dermed avgjørende å tilpasse miljøkrav og tildelingskriterier ut ifra prosjektbaserte forutsetninger for å oppnå best mulig effekt.

De senere årene har miljøhensyn, og særlig fokus på klimagassutslipp, blitt mer vektlagt i offentlige anskaffelser. Som nevnt i teoridelen anbefaler Oslo kommune at minst 50% av miljø som tildelingskriterium skal fordele seg på direkte utslipp. Tilbydere blir dermed gitt fortrinn i tilbudsevalueringen for eksempelvis ved å tilby gjennomføring av prosjekter med utslippsfri teknologi og utfasing av fossile drivstoff. Fra 2025 vil kommunen gå over fra å bruke tildelingskriterier til å begynne å stille krav om utslippsfrie bygge- og anleggsplasser (Oslo kommune, u.å). Skaaret Landskap, som utfører oppdrag både for Oslo kommune og andre offentlige aktører, har opplevd en økende oppmerksomhet rundt utslippsreduksjon i tilbudskonkurranser. Entreprenøren har imidlertid erfart at denne fokuseringen i hovedsak retter seg mot bruk av å oppnå reduksjon av direkte utslipp (Skaaret Landskap AS, 2023). Gjenbruk av masser har ifølge entreprenøren et stort potensial, men frem til nå har de ikke opplevd å få konkurransefortrinn for å legge opp til gjenbruk av masser. Bruk av klimavennlige materialer som norsk naturstein har derimot etter hvert fått større oppmerksomhet, men entreprenøren fremhever at det ligger et betydelig uutnyttet potensial i valg av materialer.

Dersom miljøaspektene i offentlige anskaffelser hovedsakelig benyttes for å redusere direkte utslipp, så snevrer man inn potensialet for nå utslippsreduksjoner. Det vil være mer relevant å se på summen av direkte og indirekte utslipp, ettersom det vil gi en mer helhetlig og omfattende vurdering av den totale miljøpåvirkningen. Dette fremgår spesielt gjennom beregningen jeg har utført for valg av naturstein, som viste seg å ha mye større påvirkning på det totale klimaavtrykket enn bruk av elektriske anleggsmaskiner. Fokus på å redusere lokale/direkte utslipp kan gi umiddelbare resultater, men manglende langsiktige effekter.

Man kan la seg beta av utsikten til å « redusere utslipp med nærmere 100% i et anleggsprosjekt », uten erkjennelse av at dette ikke nødvendigvis reflekterer det totale klimafotavtrykket. En tilnærming der et klimagassregnskap inkluderer klimafotavtrykk, vil endre premissene for hvordan man prioriterer ressursene for å få ned klimagassutslipp (Wang, Westskog, Selvig, Amundsen, & Mygland, 2018). I kampen mot global oppvarming er det viktig å se på den store sammenhengen. Global oppvarming tar ikke hensyn til hvor utslippene kommer fra i verden, om de kommer fra Norge eller Kina.

Kost-nytte analyser kan være krevende i tilfeller hvor det er vanskelig å tallfeste inngangsverdiene til beregningene. For eksempel vil det være krevende å regne på « nytte » om dette skal inkludere faktorer som reduksjon av støy og bedre luftkvalitet som følge av lokal forurensing. Dette er fordeler som vil kunne inntreffe ved tiltak som bruk av elektriske maskiner. I min forenklet kost-nytte analyse er det kun inkludert CO₂-utslipp og kostnader, som er relativt greit å tallfeste.

På et personlig plan vil vi alle regelmessig utføre kost-nytte analyser både bevisst og ubevisst. Eksempelvis om man skal kjøpe en bolig, vil de fleste se på både prisen og arealet for å finne ut hvor mye man får for pengene. For privatpersoner vil dette omfatte relativt små summer, og det vil som regel ikke ha store konsekvenser for andre enn en selv om man velger det ene eller det andre alternativet. Offentlig byggherre forvalter imidlertid større summer og et større ansvar. For å få mest mulig igjen for felleskapets ressurser, vil det da gi mening å se både på kostnadene og nytten av ulike tiltak for å gi et bedre grunnlag til å prioritere ressursene på en mest mulig kostnadseffektiv måte. Klimamål er en av mange parametere som må avveies i en helhetlig vurdering, der trenden går i retning av at fellesskapet krever at klimaaspektene vektlegges stadig tyngre. Det vil derfor også være relevant å gjøre kost-nytte vurderinger for valg av klimatiltak i bygge- og anleggsbransjen for å få mest mulig for pengene man bruker for å redusere CO₂-utslipp. Selv om bygging av grøntanlegg er en liten del av denne bransjen

målt i omsetning, så vil bruk av klimatiltak være et viktig bidrag i den store sammenhengen for å redusere bransjens klimaavtrykk.

Del 5: Avslutning

5.1 Konklusjon

Tabell 17: Sammenstilling av beregnede totale kostnader, utslippsreduksjon og tiltakskostnad for de tre ulike tiltakene i Olav Vs gate (Midtskog, 2023).

Sammenstilling av beregnet effekt av tiltak ved Olav Vs gate			
Tiltak	Kostnad eks mva	Utslippsreduksjon kg CO2	Tiltakskostnad (kr per kg CO2)
Elektriske maskiner	9 011 000	63 427	142
Norsk naturstein	13 468 185	536 463	25
Gjenbruk av masser	-820 158	46 231	-18

Opgavens hovedproblemstilling er:

«I hvilken grad kan ulike tiltak bidra til å redusere CO₂-utslipp ved bygging av grøntanlegg, og til hvilken kostnad?»

Etter å ha gjennomført en casestudie som tar utgangspunkt i et tidligere utført prosjekt i Olav Vs gate i Oslo, vil jeg konkludere med at det er stor variasjon i både utslippsbesparelsene og kostnadene man får ved å gjennomføre ulike tiltak. Jeg har tatt utgangspunkt i tre tiltak; bruk av elektriske anleggsmaskiner, bruk av norsk naturstein og gjenbruk av masser. Casestudien viser at det er bruk av norsk naturstein som gir de største utslippsreduksjonene, og ga over 8 ganger så store utslippsreduksjoner som elektriske anleggsmaskiner. Samtidig er det gjenbruk av gravemasser som gir utslippsreduksjoner med lavest tiltakskostnad. En lav tiltakskostnad vil tilsvare høy kostnadseffektivitet. I motsetning til de andre tiltakene som hadde merkostnader ved gjennomføring, så ga gjenbruk av masser en kostnadsbesparelse. Bruk av elektriske anleggsmaskiner, som gjerne har vært tiltaket man hittil lettest har grepet til, viser seg derimot å gi relativt lave utslippsreduksjoner i forhold til merkostnadene tiltaket medfører.

Mine beregninger for kostnader og utslipp tar utgangspunkt i et prosjekt på et bestemt sted i landet og baseres på spesifikke forutsetninger. Forholdet mellom tiltakenes kostnadseffektivitet vil avhenge av forutsetningene som følger av prosjektets særegenheter. Resultatene fra casestudien refererer til henholdsvis import av materialer fra Kina (sammenlignet med Norge) og gjenbruk av masser uten verken mellomlagring eller

bearbeidelse. Dette representerer nok ytterpunkter med hensyn til disse tiltakenes kostnadseffektivitet. Likevel gir de markante forskjellene for tiltakskostnad sterke indikasjoner på at bruk av kortreiste materialer og økt gjenbruk av masser innebærer de største potensialene for utslippsreduksjoner i forhold til kostnader. For at elektriske anleggsmaskiner skal oppnå en tilsvarende grad av kostnadseffektivitet må forutsetningene endres betydelig.

En underproblemstilling for oppgaven er «*hvordan blir tiltakene implementert i offentlige anskaffelser?*»

Studien dokumenterer at det skjer en utvikling i retning av at det gjennom offentlige anskaffelser settes krav eller tildelingskriterier som i stor grad bidrar til økt bruk av elektriske anleggsmaskiner og biodrivstoff. Det tyder imidlertid på at det i mindre grad benyttes virkemidler med sikte på bruk av kortreiste byggematerialer. På grunn av dette blir ofte norsk naturstein valgt bort til fordel for utenlandske produkter med en lavere pris. Regelverket for offentlig anskaffelser gir lite rom for å sette spesifikke krav til materialers herkomst, men det er trolig likevel rom for å i større grad anvende krav til materialer som bidrar til å styrke konkurransevnen til kortreiste og mer klimavennlige valg. Studien viser at både elektriske anleggsmaskiner og bruk av norsk naturstein forårsaker merkostnader. En entreprenør vil ikke være konkurransedyktig dersom de baserer sin tilbudspris på dyrere alternativer enn det konkurrentene gjør. Dette innebærer at om disse tiltakene skal gjennomføres, må det legges vekt på andre kriterier enn bare laveste pris ved anskaffelsen.

Når det gjelder gjenbruk av masser, så viser casestudien at gjenbruk i seg selv kan bidra til kostnadsreduksjoner, uavhengig av miljøaspektet. Dette gir grunn til å anta at entreprenørene vil gjenbruke masser med sikte på å redusere sine kostnader, i den grad konkurransegrunnlagets krav til produkter og leveranser gir rom for dette. Både ut ifra litteratur brukt i teoridelen og samtaler med en entreprenør i bransjen, peker det i retning av at gravemasser gjenbrukes i langt mindre grad enn det som er potensialet. Vesentlig store deler av overskuddsmassene som genereres i bygge- eller anleggsprosjekt blir ansett som avfall og sendt til deponi.

Til slutt vil jeg påpeke viktigheten av å gjøre prosjektbaserte vurderinger og analyser for å identifisere de mest hensiktsmessige klimatiltakene for fremtidige prosjekter. Krav, tildelingskriterier og andre virkemidler som kan benyttes i sammenheng med anskaffelser burde utformes for å bidra til at klimagassutslipp reduseres på en målrettet og effektiv måte.

Ved å velge klimatiltak ut fra kostnadseffektivitet vil man raskere kunne nå målene om å redusere både nasjonale og globale utslipp, som er hele essensen i kampen mot global oppvarming.

5.2 Egne refleksjoner/veien videre

Det ligger et stort potensial for at både offentlige og private anskaffelser i større grad kan bidra til å redusere klimafotavtrykket til bygg- og anleggsbransjen enn hva som er tilfelle i dag. Nå som jeg ser undersøkelsene mine samlet, mener jeg at man burde se på et større spenn av muligheter enn bare bruk av elektriske anleggsmaskiner og biodrivstoff. Jeg mener det er på høy tid å fremme andre tiltak som tidligere ikke har fått like mye oppmerksomhet. Dette kan ikke overlates til entreprenørene, som er avhengige av inntjening. Derfor vil det være fornuftig om oppdragsgiver utforsker nye måter å stimulere til tiltak som gjenbruk og mer kortreiste materialer. Hvordan det best kan gjøres, er et godt tema for en senere oppgave.

Foruten de tre tiltakene jeg har sett på i oppgaven, ville det vært interessant å se på flere andre faktorer om jeg hadde mer plass. En av dem er bruk av biodrivstoff og hydrogen både for drift av anleggsmaskiner og massetransport. Biodrivstoff er ganske mye brukt, mens hydrogen er brukt i mye mindre grad. Når man ser på nytten av disse drivstoffene som miljøtiltak, bør man også ta i betraktning hele produksjonsprosessen. Jeg kunne også tenkt meg å undersøke nærmere bruken av klimavennlige materialer som lavkarbonbetong. Dette vil også være interessante spørsmål å utforske for senere oppgaver.

Kildeliste

- A. Rosvold, K. (2022, Juli 2). *Store Norske Leksikon*. Hentet Februar 27, 2023 fra Kraftutveksling med utlandet. Tilgjengelig fra: https://snl.no/kraftutveksling_med_utlandet (lest 27.02.23)
- Asmul Lian, L. (2019, Mai). CO2 utslipp for norsk og kinesisk granitt brukt i grøntanlegg i Norge. (Lest 06.05.23)
- Berge, B. (2005, April 3). *Gaiararkitekter.no*. Granitt eller betong? En miljøvurdering med vekt på klimabelastning. Tilgjengelig fra: https://www.gaiararkitekter.no/images/gaia_lista/konsulent/pdf_artikler/file60108_granitt_vs_betong_sentralpark_fornebu.pdf (lest 06.05.23)
- Bymiljøetaten. (2020, Desember 4). *KlimaOslo*. Utslippsfri anleggsplass. Tilgjengelig fra: https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2020/12/BYM_Utslippsfri-anleggsplass.pdf (lest 05.05.23)
- Dahl, R. (2019, Juni 6). *Store norske leksikon*. Byggeråstoffer. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/bygger%C3%A5stoffer> (lest 24.02.23)
- DFØ. (2023, Januar 12). *Anskaffelser.no - Fagsider om offentlige anskaffelser*. Bærekraftig kjøp av bygg og anlegg. Tilgjengelig fra: <https://anskaffelser.no/verktoy/veiledere/baerekraftig-kjop-av-bygg-og-anlegg> (lest 17.03.23)
- Dibk. (2023). Environmental Product Declaration. *Environmental Product Declaration*. Direktoratet for byggkvalitet. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/globalassets/miljo/veiledningsstoff/environmental-product-declaration.-miljodeklarasjon-av-produkter.pdf> (lest 07.03.23)
- DMF. (2021). *Harde fakta om mineralnæringen 2021*. Trondheim: Direktoratet for mineralforvaltning med Bergmesteren for Svalbard. Tilgjengelig fra: https://www.dirmin.no/sites/default/files/harde_fakta_-_oppslag.pdf (lest 28.03.23)
- FN-sambandet. (2023, Mars 21). *FN-sambandet*. Klimaendringer. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer> (lest 20.05.23)
- Hall, A. (2020, August 24). *tb.no*. Lokale offentlige oppdragsgivere må gå foran og etterspørre kortreist norsk naturstein. Tilgjengelig fra: <https://www.tb.no/lokale-offentlige-oppdragsgivere-ma-ga-foran-og-ettersporre-kortreist-norsk-naturstein/o/5-76-1356031> (lest 26.03.23)
- Håmsø, B., Støholen, B., Birkeli, K., Økstad, E., Weidemann, F., Gjerald, E., & Nygaard, E. (2019). Miljødirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1084/m1084.pdf> (lest 05.05.23)
- Jappee, G. (2020, September 8). *Statsbygg.no*. Konferanse om utslippsfrie byggeplasser. Tilgjengelig fra: <https://www.statsbygg.no/nyheter/konferanse-om-utslippsfrie-byggeplasser> (lest 20.03.23)
- Kjendseth Wiik, M., Fjellheim, K., & Gjersvik, R. (2022). *Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser*. Oslo: Sintef. Tilgjengelig fra: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2997098> (lest 19.03.23)

- Klima- og miljødepartementet. (2021, Oktober 7). *regjeringen*. Fremmede arter i norsk natur. Tilgjengelig fra: https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/naturmangfold/innsiktsartikler-naturmangfold/fremmede_arter/id2076763/ (lest 25.05.23)
- Kommunerevisjonen. (2022). *Oslo kommune*. Rapport 1/2022 Fossil- og utslippsfrie bygge- og anleggsplasser. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/politikk/budsjett-regnskap-og-rapportering/rapporter-fra-kommunerevisjonen/rapport-1-2022-fossil-og-utslippsfrie-bygge-og-anleggsplasser#gref> (lest 06.03.23)
- Lahn, B. (2021, November 29). *Store norske leksikon*. Parisavtalen. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/Parisavtalen> (lest 20.05.23)
- LCA.no AS. (2023, Mars 16). Pukk, produsert ved Bjønndalen Buk AS, Nittedal. Næringslivets Stiftelse for miljødeklarasjoner. Tilgjengelig fra: <https://www.epd-norge.no/epder/bygg/asfalt-og-pukk/pukk-produsert-ved-bjonndalen-bruk-as-nittedal> (lest 20.03.23)
- Mamen, J. (2022, Januar 13). *Store norske leksikon*. globale oppvarmingspotensialer. Tilgjengelig fra: https://snl.no/global_oppvarmingspotensialer (lest 05.05.23)
- Mamen, J. (2022, November 7). *Store norske leksikon*. global oppvarming. Tilgjengelig fra: https://snl.no/global_oppvarming (lest 19.05.23)
- Midtskog, K. T. (2023, Februar). Beregning av transportavstand fra Olav Vs gate til 5 ulike deponier utenfor Oslo.
- Midtskog, K. T. (2023). Beregninger som tar utgangspunkt i rapporten «Utslippsfri anleggsplass» for å finne CO₂-utslipp og kostnader til elektriske anleggsmaskiner kontra dieselmaskiner.
- Miljødirektoratet. (2019, August 16). *Miljødirektoratet.no*. Veileder: Kjøpe inn klimavennlige kjøretøy og maskiner. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energitiltak/transport/klimavennlige-kjoretoy/> (lest 24.02.23)
- Miljødirektoratet. (2022, Januar 26). *Miljødirektoratet*. Veileder: Utslippsfrie og fossilfrie byggeplasser. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energitiltak/bygg-og-anlegg/utslippsfrie-byggeplasser/muligheter-for-utslippskutt/> (lest 07.04.23)
- NGU. (2020, Februar 3). *ngu.no*. PRODUKSJON AV NATURSTEIN. Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/emne/produksjon-av-naturstein> (lest 24.03.23)
- NOAH AS, & Feiring AS. (2022, Desember 22). Samtale med to ulike massedeponier. (K. T. Midtskog, Intervjuer)
- Norsk bergindustri. (2023). *Norsk bergindustri*. Tilgjengelig fra: https://www.norskbergindustri.no/Bergindustri_og_det_moderne_samfunn/naturstein3/ (lest 06.05.23)
- NVE. (2022, Mars 16). *NVE*. Hentet fra Modul G2.001: Omregning av volum av masser. Tilgjengelig fra: <https://sikringshandboka.nve.no/moduler/modul-g2-001-omregning-av-volum-av-masser/> (lest 04.04.23)
- NVE. (2022, Oktober 20). *NVE*. Varedeklarasjon for strømleverandører. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/energi/virkemidler/opprinnelsesgarantier-og-varedeklarasjon-for-stroemleverandoerer/varedeklarasjon-for-stroemleverandoerer/> (lest 28.02.23)

- NVE. (2023, April 17). *NVE*. Hvor kommer strømmen fra?. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/energi/energisystem/kraftproduksjon/hvor-kommer-stroemmen-fra/> (lest 05.05.23)
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2017, Desember 11). *Regjeringen.no*. Hentet fra Tildelingskriterier. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/naringsliv/konkurransopolitikk/offentlige-anskaffelser-/andre-kolonne/tildelingskriterier/id2518924/> (lest 28.02.23)
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2022, Mars 24). *Lovdata*. Forskrift om offentlige anskaffelser (anskaffelsesforskriften). Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-08-12-974> (lest 22.04.23)
- Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner. (2018, September 27). Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner. *Granitt G654 fasade- og gulvstein fra Fujian provinsen i Kina*. Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner. Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/139389-1538028853/EPDer/Byggevarer/Naturstein/NEPD-1636-653_Granitt-fasade--og-gulvstein--G654-.pdf (lest 21.03.23)
- Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner. (2018, September 27). *Granitt (G-358) fasade- og gulvstein fra Shandong provinsen i Kina*. Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner. Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/139385-1538028561/EPDer/Byggevarer/Naturstein/NEPD-1635-653_Granitt-fasade--og-gulvstein--G358-.pdf (lest 21.03.23)
- Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner. (2021, Desember 7). *Nordstein Luna, flammet*. Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner. Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/1321750-1638952377/EPDer/Byggevarer/Naturstein/NEPD-3261-1902_Nordstein-Luna--Flammet-overflate.pdf (lest 21.03.23)
- Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner. (2021, Desember 7). *Nordstein Luna, klippet*. Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner. Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/1321756-1638952616/EPDer/Byggevarer/Naturstein/NEPD-3262-1902_Nordstein-Luna--Klippet-overflate.pdf (lest 21.03.23)
- Oslo kommune. (u.å). *oslo.kommune.no*. Hentet Februar 15, 2023 fra Klima- og miljøkrav. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/for-vare-leverandorer/krav-til-leverandorer/klima-og-miljokrav/#gref> (lest 15.02.23)
- Oslo kommune. (u.å). *Standard klima- og miljøkrav til Oslo kommunes bygge- og anleggsplasser*. Oslo: Oslo kommune. Tilgjengelig fra: <https://tjenester.oslo.kommune.no/ekstern/einnsyn-fillager/filtjeneste/fil?virkosomhet=976819837&filnavn=byr%2F0%2Fvedlegg%2F2019048266-2150102.pdf> (lest 15.02.23)
- Oslo kommune v/ Bymiljøetaten. (2019). Anbudsbeskrivelse for Olav Vs gate. Norge: Oslo kommune v/ Bymiljøetaten. (lest 04.04.23)
- regjeringen. (2017, Desember 11). *regjeringen.no*. Tildelingskriterier. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/naringsliv/konkurransopolitikk/offentlige-anskaffelser-/andre-kolonne/tildelingskriterier/id2518924/> (lest 18.04.23)
- regjeringen. (2022, Desember 8). *Regjeringen*. Regjeringen vil skjerpe miljøkravene i offentlige anskaffelser. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/regjeringen-vil-skjerpe-miljokravene-i-offentlige-anskaffelser/id2950025/?expand=factbox2950027> (lest 12.03.23)

- Rem, V., & Thompson, S. (2022). *En mer bærekraftig persontransport*. NHO transport. Tilgjengelig fra: https://www.transport.no/siteassets/umni-sine-bilder/en-mer-barekraftig-persontransport--rapport-stakeholder-as_mars-2022.pdf (lest 23.04.23)
- Rise, T., Uwe Simoni, M., Margreth, A., Hausmann, F., Gjerde, T., Håkonsen, J., & Rudberg, E. (2022). *Sirkulær masseforvaltning - Materialstrømanalyse av overskuddsmasser fra bygg- og anleggsnæringen*. Lørenskog: Sintef fag. Tilgjengelig fra: <https://www.sintefbok.no/book/index/1344/sirkulaer-masseforvaltning-materialstroemsanalyse-av-overskuddsmasser-fra-bygg-og-anleggsnaeringen> (lest.28.03.23)
- sirken. (2023, Mars 8). *sirken*. Hva er forskjellen mellom ombruk og gjenbruk? Tilgjengelig fra: <https://sirken.no/node/77> (lest 27.05.23)
- Skaaret Landskap AS. (2023, April 4). Beregninger i samarbeid med Skaaret Landskap AS.
- Skaaret Landskap AS. (2023, Mars 15). Samtale med en prosjektleder fra Skaaret landskap AS. (K. Tungen Midtskog, Intervjuer)
- Statministerens kontor. (2022, November 3). *regjeringen.no*. Nytt norsk klimamål på minst 55 prosent. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/nytt-norsk-klimamal-pa-minst-55-prosent/id2944876/> (lest 27.02.23)
- The Norwegian EPD Foundation. (2022, Desember 19). BeerEcoSten® Evjen - The Polar Selection. Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/1328045-1679560873/EPDer/Byggevarer/Naturstein/NEPD-4063-3090_BeerEcoSten---Evjen----The-Polar-Selection.pdf (lest 21.03.23)
- The Norwegian EPD Foundation. (2022, Desember 19). BeerEcoSten® Larvik - The Lundhs Selection. The Norwegian EPD Foundation. Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/1331174-1678210232/EPDer/Byggevarer/Naturstein/NEPD-4252-3488_BeerEcoSten---Larvik---The-Lundhs-Selection.pdf (lest 21.03.23)
- Thue, J. (2019, Juni 6). *Store norske leksikon*. Naturstein. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/naturstein> (lest 06.05.23)
- Wang, L., Westskog, H., Selvig, E., Amundsen, H., & Mygland, R. (2018). *Kortreist kvalitet*. insam as i samarbeid med Cicero, Civitas AS og KS. 3.2 Norges og kommunenes klimagassutslipp. Tilgjengelig fra: <https://www.kortreistkvalitet.no/3-lavutslippssamfunnet/3-2-norges-og-kommunenes-klimagassutslipp/> (lest 02.03.23)

Figurliste

Figur/ bilde/ tabell	Beskrivelse	Kilde
Figur 1	Bymiljøetatens veiledende fordeling av miljø som tildelingskriterium	(Oslo kommune, 2019). Standard klima- og miljøkrav til Oslo kommunes bygge- og anleggsplasser. Tilgjengelig fra: https://tjenester.oslo.kommune.no/ekstern/einnsyn-filager/filtjeneste/fil?virkksomhet=976819837&fi

		lnavn=byr%2F0%2Fvedlegg%2F2019048266-2150102.pdf (hentet 15.02.23)
Figur 2	Fysisk levert strøm i Norge fordelt på energikilder	(NVE 2023). Hvor kommer strømmen fra? Tilgjengelig fra: https://www.nve.no/energi/energisystem/kraftproduksjon/hvor-kommer-stroemmen-fra/ (hentet 17.04.23)
Figur 3	Varedeklarasjon for strømleverandører	(NVE, 2022). Varedeklarasjon for strømleverandører. Tilgjengelig fra: https://www.nve.no/energi/virkemidler/opprinnelsesgarantier-og-varedeklarasjon-for-stroemleverandoerer/varedeklarasjon-for-stroemleverandoerer/ (hentet 26.03.23)
Figur 4	Salgsverdi og solgte tonn naturstein 2012-2021	(DMF, 2021) Harde fakta om mineralnæringen 2021. Tilgjengelig fra: https://www.dirmin.no/sites/default/files/harde_fakta_-_oppslag.pdf (hentet 28.03.23)
Figur 5	Gjenbruk av bygg- og riveavfall i ulike land i Europa	(Rise, et al., 2022) Sirkulær masseforvaltning - Materialstrømanalyse av overskuddsmasser fra bygg- og anleggsnæringen. Tilgjengelig fra: https://www.sintefbok.no/book/index/1344/sirkulaer-masseforvaltning-materialstroemsanalyse-av-overskuddsmasser-fra-bygg-og-anleggsnaeringen (hentet 28.03.23)
Figur 6	Skisse som viser prosjektet plassering ved Olav Vs gate i Oslo	(Bymiljøetaten, 2020) Utslippsfri anleggsplass. Tilgjengelig fra: https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2020/12/BYM_Utslippsfri-anleggsplass.pdf (hentet 05.04.23)
Figur 7	Elektrisk gravemaskin i bruk i anlegget i Olav Vs gate	(Bymiljøetaten, 2020). Utslippsfri anleggsplass. Tilgjengelig fra: https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2020/12/BYM_Utslippsfri-anleggsplass.pdf (hentet 05.04.23)
Figur 8	Diagram tar utgangspunkt i totale utslipp (A1-A4) vist i tabell 8	(Midtskog, 2023)
Figur 9	Diagram tar utgangspunkt i totale utslipp (A1-A4) vist i tabell 9	(Midtskog, 2023)
Figur 10	Pris eks mva. per tonn produkt for heller, platekantstein og kantstein fra Norge og Kina. Diagram tar utgangspunkt i tall fra tabell 10.	(Midtskog, 2023)
Figur 11	Sammenstilling av tiltakskostnad av de tre ulike klimatiltakene.	(Midtskog, 2023)

Tabell 1	Samlet klimabelastning for betong og granittprodukter av ulikt opphav	(Berge, 2005) Granitt eller betong? En miljøvurdering med vekt på klimabelastning. Tilgjengelig fra: https://www.gaiarkitekter.no/images/gaia_lista/konsulent/pdf_artikler/file60108_granitt_vs_betonng_sentralpark_fornebu.pdf (lest 06.04.23)
Tabell 2	Forbruk av elektrisitet i kWh fordelt på maskinene benyttet i Olav Vs gate	(Midtskog, 2023) Beregninger som tar utgangspunkt i rapporten «Utslippsfri anleggsplass» fra BYM (Bymiljøetaten, 2020) for å finne CO2-utslipp og kostnader til elektriske anleggsmaskiner kontra dieselmaskiner.
Tabell 3	Beregnet forbruk av drivstoff dersom prosjektet i Olav Vs gate hadde benyttet dieselmaskiner	(Midtskog, 2023) Beregninger som tar utgangspunkt i rapporten «Utslippsfri anleggsplass» fra BYM (Bymiljøetaten, 2020) for å finne CO2-utslipp og kostnader til elektriske anleggsmaskiner kontra dieselmaskiner.
Tabell 4	Utslipp for strøm og diesel fordelt på direkte og indirekte utslipp	(Midtskog, 2023) Utslippsfaktor for strøm tar utgangspunkt i tall fra «Varedeklarasjon for strømleverandører» (NVE, 2022). Utslippsfaktor for diesel tar utgangspunkt i tall fra «En mer bærekraftig persontransport» (Rem & Thompson, 2022).
Tabell 5	Sammenligning av utslipp for elektriske anleggsmaskiner og dieselmaskiner i Olav Vs gate	(Midtskog, 2023) Beregninger som tar utgangspunkt i rapporten «Utslippsfri anleggsplass» fra BYM (Bymiljøetaten, 2020) for å finne CO2-utslipp og kostnader til elektriske anleggsmaskiner kontra dieselmaskiner.
Tabell 6	Ekstrakostnader for gjennomføring av utslippsfri anleggsdrift ved Olav Vs gate	(Bymiljøetaten, 2020) Utslippsfri anleggsplass. Tilgjengelig fra: https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2020/12/BYM_Utslippsfri-anleggsplass.pdf (lest 05.04.23)
Tabell 7	Oppsummering av utslipp og kostnader for beregning av tiltakskostnad for elektriske anleggsmaskiner	(Midtskog, 2023) Beregninger som tar utgangspunkt i rapporten «Utslippsfri anleggsplass» fra BYM (Bymiljøetaten, 2020)
Tabell 8	Beregning av utslipp for norsk granitt med utgangspunkt i tall fra EPDer hentet fra EPD Norge sine sider	(Midtskog, 2023) Tall for utslipp tar utgangspunkt i EPDer for «Nordstein Luna, flammet», «Nordstein Luna, klippet», BeerEcoSten® Evjen Granitt og BeerEcoSten® Larvik - The Lundhs Selection (EPD Norge, 2021, 2022)
Tabell 9	Beregning av utslipp for kinesisk granitt med utgangspunkt i tall fra EPDer hentet fra EPD Norge sine sider	(Midtskog, 2023) Tall for utslipp tar utgangspunkt i EPDer for «Granitt G654 fasade- og gulvstein fra Fujian provinsen i Kina» og «Granitt (G-358) fasade- og gulvstein fra Shandong provinsen i Kina» (EPD Norge, 2018)

Tabell 10	Kostnader ved norsk og kinesisk granitt for 3 ulike produkter	(Midtskog, 2023) Tabellen tar utgangspunkt i beregninger i samarbeid med Skaaret landskap (Skaaret Landskap AS, 2023)
Tabell 11	Sammenstilling av kostnader og utslipp for kinesisk og norsk naturstein	(Midtskog, 2023) Tabellen tar utgangspunkt i beregninger i samarbeid med Skaaret landskap (Skaaret Landskap AS, 2023)
Tabell 12	Sammenstilling av kostnader og utslipp for 2 alternative gjennomføringer; med norsk granitt og kinesisk granitt	(Midtskog, 2023) Tabellen tar utgangspunkt i beregninger i samarbeid med Skaaret landskap (Skaaret Landskap AS, 2023)
Tabell 13	Eksempel på prosesser som kan unngås (merket med oransje) ved gjenbruk av masser	(Midtskog, 2023)
Tabell 14	CO ₂ -utslipp og kostnader for ulike prosesser ved masseutskifting	(Midtskog, 2023) Tabellen tar utgangspunkt i beregninger i samarbeid med Skaaret landskap (Skaaret Landskap AS, 2023)
Tabell 15	Beregnet utslipp- og kostnadsbesparelser i Olav Vs gate ved gjenbruk av masser	(Midtskog, 2023) Tabellen tar utgangspunkt i beregninger i samarbeid med Skaaret landskap (Skaaret Landskap AS, 2023)
Tabell 16	Totale kostnader og reduksjon av utslipp for de tre tiltakene ved Olav Vs gate	(Midtskog, 2023)
Tabell 17	Sammenstilling av beregnede totale kostnader, utslipp og tiltakskostnad for de tre ulike tiltakene i Olav Vs gate	(Midtskog, 2023)



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway