



Handelshøyskolen BI - campus Oslo

BTH 17041

Bacheloroppgave - Logistikkledelse / Supply Chain Management

Bacheloroppgave

Hvilke miljø og kostnadmessige konsekvenser vil en overgang til en nedgravd løsning ha for ROAF?

Navn: Esben Parker Knutsmoen, Tararat Chingchana, Linda Brønstad

Utlevering: 07.01.2019 09.00

Innlevering: 03.06.2019 12.00

Bachelor oppgave ved Handelshøyskolen BI



Hvilke miljø og kostnadmessige konsekvenser vil en overgang til en nedgravd løsning ha for ROAF?

Denne oppgaven er gjennomført som en del av studiet ved Handelshøyskolen BI. Dette innebærer ikke at Handelshøyskolen BI går god for de metoder som er anvendt, de resultater som er fremkommet eller de konklusjoner som er trukket.

Forord

Denne oppgaven er utarbeidet som en avslutning på vårt bachelorstudium i Økonomi og Administrasjon, med fordypning i logistikkledelse ved Handelshøyskolen BI Oslo, våren 2019.

Arbeidet med oppgaven har til tider vært utfordrende, men i all hovedsak har det vært en utrolig lærerik og interessant prosess med flere faglige diskusjoner innad i gruppen som har bidratt til læring og forståelse.

Oppgavens retning og problemstilling ble utarbeidet i sammen med vår veileder Eirill Bø da vi fikk mulighet til å skrive vår bachelor som en del av prosjektet Limco i regi av Transportøkonomisk institutt (TØI). Ettersom renovasjonsbransjen er et dagsaktuelt tema som er under sterk utvikling, visste vi at dette var et tema vi ville skrive om.

Vi kom godt i gang fra semesterstart og har arbeidet målrettet gjennom semesteret. Vi vil rette en stor takk til vår samarbeidspartner Romeriket Avfallsforedling (ROAF) for å ha bidratt med god informasjon og data til å kunne bruke i denne oppgaven. Omvisning på selve renovasjonsanlegget var noe vi satte stor pris på og dette har gitt oss mer innsikt i systemet.

Vi ønsker å takke alle som har vært involvert, det har vært til stor hjelp i utforming av denne oppgaven. Vi ønsker å takke vår veileder Eirill Bø for samarbeidet og gode konstruktive tilbakemeldinger.

Etter et krevende semester sitter vi igjen med et resultat vi er stolte av.

Innhold

Forord	0
Sammendrag	4
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven	2
2 Presentasjon av bedriften	2
2.1 Problemstilling.....	4
2.2 ROAFs renovasjonsløsning	4
2.3 Avgrensing i oppgaven	5
3 Litteratur og teori	6
3.1 Relevante begreper i renovasjonsløsning	6
3.2 Transport	8
3.2.1 Effektiv bruk av transport.....	8
3.2.2 Ruteplanlegging	9
3.2.3 Drivstofforbruk	10
3.2.4 ROAFs Transportkapasitet	10
3.2.5 Transportkostnader	10
3.3 Kostnader	11
3.4 Miljø	12
3.4.1 Kildesorteringsløsning	13
3.4.2 Transportens miljøpåvirkning.....	14
3.4.2 Biodrivstoff	15
3.4.3 Kalkulering av miljøeffekt:.....	15
3.4.4 Støy en miljøfaktor	16
4 Metode	17
4.1 Valg av fremgangsmåte (forskningsdesign).....	17
4.2 Relevante modeller.....	18
4.2.1 Forskningsmodell.....	18
4.2.2 Drivstoffeffekt	18
4.2.3 Miljø.....	19
4.2.4 Avstandsbesparelse i rute per tur	19
4.2.5 Tidsbesparelse	20
4.3 Datainnsamling	21
4.3.1 Primærdata.....	21
4.3.2 Sekundærdata	21
4.4 Reliabilitet	22
4.5 Tallvaliditet.....	23
5 Analyse	24
5.1 Analysemodell	24

5.2 Avfallsvolum	25
5.3 Aktuelle modeller	25
5.4 Distanse besparelse	30
6 Resultat og diskusjon	31
6.1 Tidseffekt	31
6.2 Kostnadseffekter	32
6.2.1 Prisformater	34
6.3 Ruteoptimering og miljøeffekt	35
6.4 Frekvens	35
7. Konklusjon	37
7.1 Begrensninger	39
Litteraturliste	40

Sammendrag

Romerike avfallsforedling IKS (ROAF) jobber med å implementere *nedgravde løsninger* for avfallshåndtering. Formålet med oppgaven har vært å undersøke hvilke effekter denne endringen vil ha for *innsamling* og *transporten* av avfallet for ROAF. Problemstillingen lyder som følger:

Hvilke miljø og kostnadsmessige konsekvenser vil en overgang til en nedgravd løsning ha for ROAF?

Metoden vi har brukt for å besvare denne problemstillingen har vært å finne en testrute. Vi har kun fokusert på transportdelen av dette og dermed begrensede aspekter i verdikjeden. Vi har hatt direkte kontakt med flere ansatte ved ROAF og fått tilgang på data som er brukt for å analysen. Vi har kalkulert kostnader, tider, sett på CO₂ utslipp og også forsøkt indikere en distanse besparelse ved denne omleggingen.

Da ROAF allerede er en særskilt miljøbevisst bedrift som tenker langsiktig og driver bærekraftig, kjører stort sett alle kjøretøyene deres i dag på biodrivstoff. Klimagassutslipp i form av CO₂ vil derfor ikke vises utslagsgivende for denne bedriften, men for å fremstille denne faktoren da den fortsatt er aktuell for andre kommuner, har vi kalkulert på de besparte utslippene og ser en potensiell besparelse for denne faktoren. Andre miljøeffekter vi belyser og ser en positiv konsekvens av ved omgjøring er potensielle for redusert trafikk som belyser sikkerhets bilde. Dette da det ikke er nødvendig å kjøre inn alle små veier på ruten og at renovasjonskjøretøyet er på ruten i et kortere tidsperiode.

De foretatte analysene viser til en kostnadsbesparelse på 28,71%. Dette fremkommer gjennom effektivisering av tidsbruken som hadde en reduksjon på 38,29% ved å legge om til nedgravde løsninger. Sekundæreffektene av dette er en distansebesparelse på 312 km pr bil over et år. Som følge av omgjøringen og den reduserte tidsbruken for rutene frigjør dette tid for sjåfør og kjøretøyet. Denne tiden kan dermed brukes alternativt. Eventuelt flere ruter kjørt om dagen, nedbemanning av personell, redusert behov for kjøretøy.

1 Innledning

Avfallshåndtering innebærer en sammensatt operasjon etter flere instanser. Det starter hjemme hos befolkningen selv og deres egen sortering i hjemmet. Videre hvordan avfallet håndteres og utsorteres i avfallsbeholderne har stor variasjon landet rundt. De ulike kommunene har forskjellige utgangspunkt og retningslinjer både for fraksjonsfordeling, henting og videre behandling. Det kan eksempelvis opereres med en- kammerbil for henting av en fraksjon, til fler- kammerbil med mulighet for innhenting av flere fraksjoner på samme tid og samme tur. Dette krever tilrettelegging og tilpasning for de ulike fraksjonene ettersom hva det genereres mest av. Vi ser derfor en stor kompleksitet i systemet som i dag er under sterk utvikling. I denne oppgaven ønsker vi å se nærmere på noen av effektene for denne utvikling. Vi har overordnet konsentrert oss om transportdelen ved innhenting av avfall.

Med rask utvikling og utbygging av forskjellige systemer ser vi en økning i nedgravde løsninger. Disse løsningene innebærer færre beholdere i den kontekst at flere husstander har samme beholder også kalt «fellesløsning». Hvordan disse løsningene er sammensatt og plassert har store variasjoner ettersom hvor i landet en befinner seg. Eksempelvis er det ikke alle steder det er like hensiktsmessig med fellesløsning for et gitt antall personer om husstandene ligger langt fra hverandre i avstand.

Kravet til miljøhensyn og klimatiltak knyttet til positive miljøeffekter vokser og er noe som flere er opptatt av og følger med på. Renovasjonsbransjen er en bransje som har en stor oppgave for å bidra til denne utviklingen. Mye skjer allerede i hjemmet som nevnt, hvordan husstandene selv sorterer og behandler avfallet og i hvilken grad elementer kan gå videre til ombruk eller annen form for materialgjenvinning. Et eksempel på dette er papp og papir emballasje som ikke rengjøres og i verste fall kontaminerer annen papp så det ikke kan gjenvinnes på optimal måte.

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Som avsluttende bacheloroppgave i logistikkledelse fikk vi mulighet til å bli med å jobbe med en problemstilling for et prosjekt i regi av TØI med veiledning av Eirill Bø. Vi valgte å bli med i prosjektet ettersom vi alle hadde lyst til å lære mer om transportdelen av logistikk og samtidig så muligheten for å lære mer om renovasjonsbransjens miljøpåvirkning da vi er en studentgruppe med sterk miljøinteresse. Vi fikk dermed tildelt Romerike Avfallsforedling et interkommunalt selskap som samarbeidspartner. Innholdet i problemstillingen ble gitt oss på forhånd og vi fikk i oppgave å se på hvordan nedgravde avfalls løsninger påvirker avfallshåndteringen. Vi skulle se på denne løsningen opp imot hvordan det fungerer i dag og sammenlikne disse. Løsningen i dag er det de i bransjen referer til som «den tradisjonelle løsningen». Med dette menes det at hver husstand har hver sin avfallsbeholder. Målet med oppgaven har vært å avdekke hvilke kostnadseffekter og miljøeffekter en slik omgjøring vil medføre for transportdelen. Målet har også vært å se om dette kan påvirke effektiviteten av avfallshåndteringen.

2 Presentasjon av bedriften

Romerike avfallsforedling IKS (heretter referert til som ROAF) er et interkommunalt selskap hvor arbeidet består i sortering, innsamling, gjenvinning og ombruk av avfall. Det er et avfallsselskap som betjener i alt 10 kommuner i nedre Romerike. Forretningskontoret og ROAF sitt hovedkontor og ettersorteringsanlegg ligger i Skedsmo kommune. ROAF sin primæroppgave er innsamling av husholdningsavfall og de betjener et område med 200 000 innbyggere fordelt på 90 000 husstander. (<https://www.roaf.no/>) En stor del av deres avfallsinnhenting innebærer også næringsavfall som tilsvarer 34% av det årlige avfallsvolumet.

ROAF er et selskap som kommuniserer miljøbevisste valg og jobber for et mer miljøbevisst samfunn. De er et selskap som fronter en sterk fremtidsrettet struktur og drifter i dag Europas mest moderne ettersorteringsanlegg. I 2018 ble 9630 tonn matavfall og 3000 tonn plast sortert ut ved ettersorteringsanlegget, dette av i alt 170 000 tonn håndtert avfall. Dette innebærer husholdningsavfall og næringsavfall. ROAF er opptatt av å ta samfunnsansvar, samt bidra til et bedre miljø og tilby de beste løsningene for sine brukere. Sortering av avfall er for mange husholdninger dessverre ikke høyt prioritert. ROAF har flere holdningskampanjer som skal bidra til økt bevissthet i hjemmet og sortering etter ROAF sin fraksjonsfordeling. En ser mye avfall som kunne vært gjenvunnet annerledes og om håndteringen av avfallet i husholdningen hadde vært bedre.

Et viktig mål fra ROAF er at å optimalisere sorteringen gjennom enklest mulige løsninger for brukerne. Derav deres visjon:

Enkelt for deg → bra for miljøet

ROAF definerer sine kjerneverdier i virksomhetsstrategien sin som:

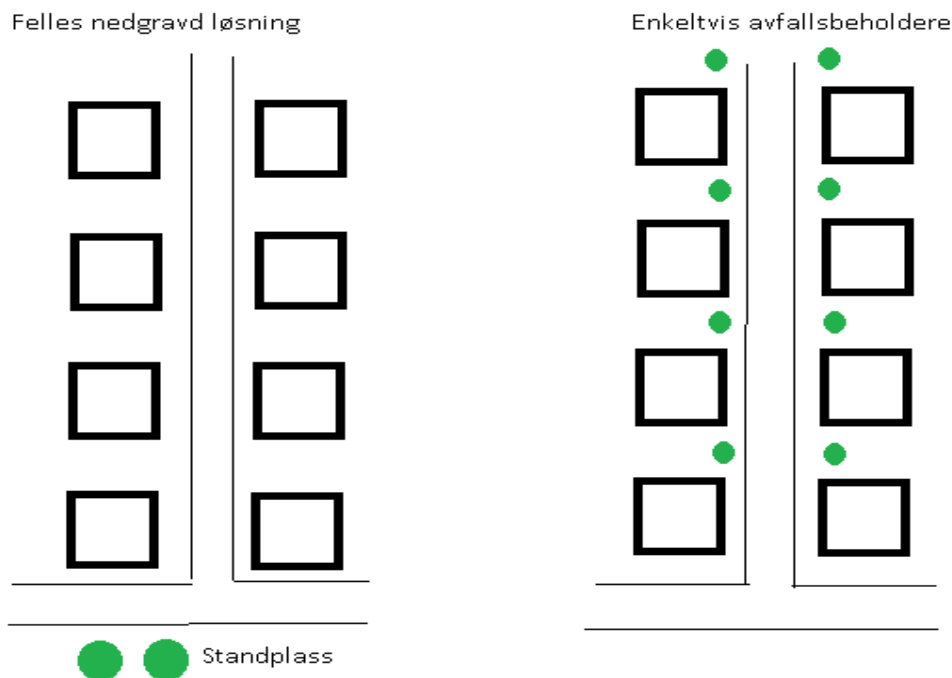
Miljøansvar, engasjement, service og tillit.

ROAF har som mål at området de drifter i, skal bli best på materialgjenvinning i Norge og jobber mot 70% materialgjenvinning og ombruk innen 2030.

Innad i bedriften har de gått inn for å bytte ut fossilt drivstoff med biodiesel på alle driftsmaskiner og flere av renovasjonsbilene deres kjører allerede på biodiesel.

2.1 Problemstilling

Hvilke miljø og kostnadmessige konsekvenser vil en overgang til en nedgravd løsning ha for ROAF?



2.2 ROAFs renovasjonsløsning

I denne oppgaven har vi fått tilgang på data for to kommuner ROAF opererer i. Vi har valgt et område i Skedsmo kommune som testområde.

Slik det er i dag har Skedsmo kommune to avfallsbeholdere til husstandene hvor de kaster avfallet sitt i. Den ene er papir og den andre er restavfall. I restavfall skal matavfall kastes i egne grønne poser som senere blir skilt ut av sorteringsanlegget på ROAF. Plast kastes også i restavfallet i vanlig «handlepose». Dette er også en fraksjon som automatisk blir sortert ut ved ROAF for så at avfall som kan gjenvinnes eller på annen måte komme til nytte går videre dit det skal. Beholderne som brukes har varierende volumkapasitet. Ulikhetene kan relateres til hvem de betjener, dette fra private husholdninger, næringer, skoler, barnehager etc.

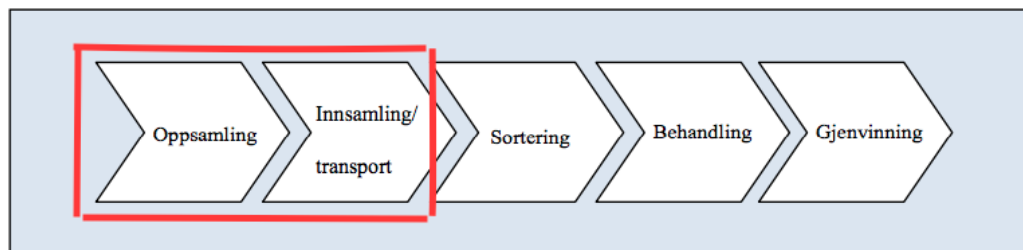
Frekvensen for henting av denne ordningen er restavfallsbeholder en gang i uken, mens papirbeholderen blir tømt hver fjortende dag. Om avfallsmengden overskrider kapasitet for avfallsbeholderen, tilbyr ROAF tilleggposer som kan plasseres ved siden av avfallsbeholderen dagen det skal hentes. Dette betaler brukeren en ekstra avgift for.

Farlig avfall kan private husholdninger levere gratis på alle gjenvinningsstasjonene, evt til miljøbilen som kjører rundt 1-2 ganger i året.

2.3 Avgrensning i oppgaven

I denne oppgaven vil vi fokusere på den renovasjonstekniske løsningen for husholdningsavfall. Vi vil se nærmere på de to første aktivitetene i verdikjeden ved innsamlingssystem.

Grunnen til denne avgrensningen er fordi oppsamling og innsamling/transport er førende for at innsamlingssystemene varierer etc. (Bø., et al, 2012)



Figur 3: Verdikjeden for innsamling av avfall

(Bø et al., 2012, s.13) Hovedfokuset i denne oppgaven er merket i modellen over.

Ved å se på de to første leddene har man variabler som kan regnes ut til å finne effekten av en gitt løsning. Variablene kan deles inn i to kategorier: variabler ved oppsamling og variabler ved innsamling.

Vi har fått tilgang på data for to kommuner av de ti ROAF operer i. Dette er Skedsmo og Nittedal. Vi har ut ifra disse dataene forsøkt å komme frem til et

geografisk område som er representativt for problemstillingen. Område som er valgt er Sør- Vest for Skedsmovollenkrysset (*Testområdet, rute 3202*). Vi viser til beregning for den gitte ruten og har videre foretatt en gjennomsnittsberegning for resten av Skedsmo kommune. Dette er en overordnet fremstilling. For mer nøyaktig kalkulering og effektivitetsmåling må man analysere rutene hver for seg. Vi valgte denne fremstillingen da vi anså den som best for denne oppgavens omfang og formål.

Videre har vi valgt å ikke inkludere kostnadene relatert til investering av de nedgravde løsningene. Ettersom det er opp til hver enkelt beboer, om de vil foreta investering og det er ikke alle som ønsker å investere i en slik løsning. Samtidig er det et moment videre hvorvidt kommunen selv er villige til å finansiere en slik investering eventuelt delfinansiere for da se gjennom et lengre perspektiv hvorvidt en slik løsning både kompenserer og gir besparelser i et større økonomi- og miljøaspekt. Det er i dag mulighet for å søke stønad av kommunen for noe av investeringen til en nedgravd løsning.

3 Litteratur og teori

I denne kapittelet vil vi gå gjennom relevante teorier og begreper for å koble det til problemstillingen vi ønsker å løse.

3.1 Relevante begreper i renovasjonsløsning

Renovasjonsløsning er et sentralt begrep i oppgaven, det definerer hvordan et gitt system innen renovasjon er utformet.

Oppsamling handler om hvordan og i hvilken type avfallsbeholdere husstandene har valgt å samle avfallet sitt. De måles i liter eller kubikk og kommer i flere varianter for å tilfredsstille de forskjellige behovene. Volumkapasiteten varierer mellom 140 liter til 660 liters *plastbeholdere* og er ofte brukt av enkelthusholdninger. Hvis flere husstander benytter samme oppsamlingsbeholder

benyttes det ofte *Containere* som rommer flere tusen liter eller *nedgravde løsninger (dypoppsamlere)*. Den største formen for oppsamlingsenhet er avfallssug. Her skilles det mellom to hovedtyper, mobilt eller stasjonert.

Ansvar for renovasjonsløsninger er etter lov om vern mot forurensninger og om avfall kommunenes ansvar (Fjellanger, 1998). Dette gjør at det finnes mange forskjellige løsninger i de forskjellige kommunene, men med samme grunnprinsipper som skal følges.

Innsamling er aktivitetene i forbindelse med innhenting av avfallet. Dette er knyttet til hvilke typer renovasjonstekniske løsninger som har blitt benyttet for at transporten skal bli så effektiv som mulig.

Renovasjonsteknisk løsning er fagterminologien for *oppsamling og innsamling*. Dette er delt inn for å kunne spesifisere hvilken del av verdikjeden i *renovasjonsløsningen* man sikter til.

Valg av *transport* blir ofte begrenset ut ifra hva som har blitt valgt av oppsamlingsløsning da dette i hovedsak handler om valg av bil som benyttes. Bilene kan ha flere forskjellige innsamlingsløsninger som er valgt basert på hvilke oppsamlingsløsninger som transporten skal innhente fra.

Ruteinformasjon er den informasjonen som er relevant for å planlegge en kjørerute for innsamling av avfall. Hvor mange husstander, hvor mange stopp, lengden på kjøreruten, adresselister, hvilke oppsamlingsløsninger som er på ruten, standplassløsninger og antall kildesorteringsfraksjoner. Alle disse faktorene er med å bestemme hvordan ruten planlegges. Det er også med å avgjøre valg av bil og hvilke teknisk utstyr bilen har for innsamling av avfallet.

Komprimering er løsninger som kan finnes i kjøretøy og oppsamlingsenhetene som presser avfallet under lagring og transport. *Kammer* er adskilte avfallsfraksjoner i kjøretøyet for å kunne få med seg forskjellige typer avfallsfraksjoner. Disse faktorene utgjør kapasitet og frekvens under transport (Bø et al. 2012, s.15-16).

3.2 Transport

Larsen, Vrgoc og Christensen (2009) deler henting av avfall inn i to definisjonsbegreper, transport og innhenting av avfall. I forbindelse med denne oppgaven finner vi det hensiktsmessig å følge denne inndelingen. Innhenting av avfall er definert som kjøring fra første til siste stopp av selve innsamlingen. Transport delen er igjen fordelt på to sekvenser. Den første delen er den delen som kjøres for å komme seg til første stopp på ruten, den andre delen er fra siste stopp på ruten og tilbake til renovasjonsanlegget.

3.2.1 Effektiv bruk av transport

Det er rimelig å anta at effektiv bruk av transport kan bidra til å minske klimagassutslippene (<https://www.miljostatus.no/tema/klimagassutslipp>). Med effektiv bruk menes tidsbruken ved lasting og lossing, ruteplanlegging og hvilke tider som blir brukt i døgnet. Det vil være mer tidseffektivt å kjøre på tider i døgnet med mindre trafikk, da en på denne måten kan unngå et tettere trafikkbilde som medfører tregere fremgang. Som en parallell til dette kan det også gi utslag på tomgangstid og økt drivstofforbruk. Tidspunktene kan heller ikke være så ugunstige at de er til plage for beboere i området. Lastebiler og spesielt lastingen av avfallet kan være av et visst støynivå og dermed oppleves svært sjenerende for de rundt (Wu & Dunn, 1995). Det er for de fleste områder regler for når på døgnet det er lov å innhente avfall. Det vil dermed vanskelig la seg gjøre at dette er en jobb som egner seg for døgnvirksomhet. Ved å optimalisere ruteplanleggingen kan dette bidra til høyere effektivitet samt bedre miljøeffektene. I studien til Nguyen og Wilson (2010) fremkommer det i resultatene av forskningen deres at delen som innebærer innhenting av avfallet, tilsvarer 60% av drivstofforbruket for hele turen. Av dette forbruket er det også i varierende grad tomgangstiden som konsumerer av drivstofforbruket. Dette avhenger etter hva transporten brukes til og for.

3.2.2 Ruteplanlegging

En undersøkelse gjort av ((Lin et al. 2014) ser på ruteplanleggings problem opp mot blant annet et miljøvennlig perspektiv. Med ruteplanleggingsproblem menes de utfordringene som dukker opp ved å skulle optimalisere ruter og få de så effektive som mulig. Utfordringer innenfor dette kan være infrastruktur, lengre avstander der det er et redusert antall deponier eller distribusjonssentere, tidsaspektet ved å ferdes på veier med økt trafikkmoment, fartsgrenser, været kan også være en utslagsgivende faktor.

Ruteplanlegging er et essensielt verktøy i logistikknæringen generelt. Ruteplanlegging skal bidra til å optimalisere rutene som igjen kan gi utslag for drivstoffbruken og dermed gassutslippene samt redusere kostnadene. Ruteplanlegging i avfallsinnhenting og transporten av avfallet byr på flere utfordringer. Dette med tanke på hvor det er mest hensiktsmessig å starte for videre finne den mest optimale ruten. Det er ikke gitt at dette nødvendigvis innebærer å velge den korteste ruten da topografien kan spille en rolle for drivstofforbruket. I oversiktsartikkel av (Yu and Solvang 2015) fremstiller de forskjellige utfordringer i forhold til det å optimaliser en rute. Den ene referansen er til «Traveling salesman problem» som innebærer og komme seg innom alle punkter på korteste distanse. «Vehicle routing problem» er et annet problem som defineres, og dette «problemet» belyser utfordringene ved å rekke over alle punktene på en rute for en «kjøring». Begge «problemene» er relevante for avfallsinnhenting da de belyser relevante utfordringer. Utfordringene for avfallsinnhenting kan variere igjen ettersom hvor man er i landet. Har man en rute med lange distanser er det ikke sikkert at kapasiteten på bilen er tilstrekkelig selv om ruten er hensiktsmessig lagt opp og ruten må derfor deles opp på den måten at renovasjonsbilen må innom å tømmes før den kan fortsette ruten. Dette innebærer kjøring frem og tilbake fra ruten og renovasjonsanlegg.

3.2.3 Drivstofforbruk

Nguyen og Wilson (2010). foreslår to måter for å redusere drivstofforbruket i avfallsinnhenting: Den første er at kjøretøyene følger optimale ruter. Når det gjelder drivstoffbesparelse vil det i denne sammenheng bety å benytte de korteste rutene, altså se på distansen. I deres forskning kom de frem til en drivstoffbesparelse på 1800 liter per år, gitt at det var denne optimaliseringen av distanse som ble fulgt konsekvent.

Den andre måten å redusere drivstofforbruket er å finne en måte å redusere tidsbruken ved lastingen av avfallet. Et forslag til dette er å investere i automatiserte lastebiler, men dette må på sin side vurderes opp mot investeringen i det lange perspektiv. Samtidig er det nyttig å vurdere drivstoffbesparelsen på dette stadiet i det helhetlige bilde om dette er signifikant for utfallet, noe Nguyen og Wilson (2010) påstår at det ikke er.

Drivstofforbruket og dets utslipp vil avhenge av hva slags type bil det er snakk om, motoren på transportkjøretøyet og kjørestilen til sjåføren. Videre er selvfølgelig tyngden på kjøretøyet relevant for forbruket (Larsen et al. 2009).

3.2.4 ROAFs Transportkapasitet

ROAF har tre biler som kjører fast i Skedsmo kommune med fire ruter hver. Det er også en bil som har tre ruter i Nittedal og en rute i Skedsmo. Dette er nok for å dekke hele kommunen sitt behov.

3.2.5 Transportkostnader

Renovasjonsbransjen blir stadig mer kompleks ettersom det kommer nye løsninger og nye former for sortering inn i bildet. Kravet til aktørenes ytelse og effektivitet øker. Behovet for innsamling varierer, dette med hensyn til forskjellige fragmenter og hvor fort avfallsbeholderne fylles opp. For en best mulig beregning av transportkostnader vil vi benytte oss av transportkalkylen fremstilt av Bø & Hammervoll (2010). Ved bruk av denne kalkylen vil man kunne regne ut en pris i ulike formater, dette være seg om en ønsker pris per tonn eller turpris, pris per

husstand etc. Kalkylen belyser de relevante momenter som bør inngå i transportberegningen.

Fra tidligere er det drivstoffkostnaden som har vært den største kostnadsdriveren og variasjonen i denne prisen ble et tungtveiende diskusjonsgrunnlag i forhandlinger. Dette er ikke nødvendigvis representativt for transportkostnaden sett i et helhetlig perspektiv. Ved beregning av tonnpris er utnyttelsesgraden en betydelig faktor. Dette da tonnprisen reflekteres i utnyttet kapasitet. I avfallshåndtering vil kapasiteten på lastebilen fylles opp etterhvert som man henter inn avfall. Utnyttelsesgraden ved rutens start kan dermed defineres som null, men det kan variere hvilken utnyttelsesgrad kjøretøyet har ved lossing av avfallet.

3.3 Kostnader

Kostnadene kan deles inn i tre hovedkategorier: faste kostnader, variable kostnader og lønnskostnader. Faste kostnader påløper uavhengig av kjøring eller distanse (Bø & Grønland 2014 s.97-104). Faste kostnader gjøres om til variable kostnader ved beregning av turpris. I de variable kostnader inngår blant annet drivstoff. Lønnskostnader beregnes med en timesats. I tillegg legges til etter hvor mange som jobber på det ene kjøretøyet. Timesatsene kan variere etter ansiennitet og/eller stilling, dette eksempelvis om det er en sjåfør og en hjelper.

En annen ting som påvirker kostnader er tidsprosessen, det indikerer hvor kostnadseffektive man er når man opererer ved innhenting av avfallet.

Tidsprosessen som påvirker kostnadene er laste- og lossetid, kjøretiden (lange distanser øker tiden) og stopptid (tomgangskjøring). En økning i disse variablene vil føre til økte kostnader.

Tidsprosessen kan da øke/reducere ved følgende drivere (Bø et al. 2012):

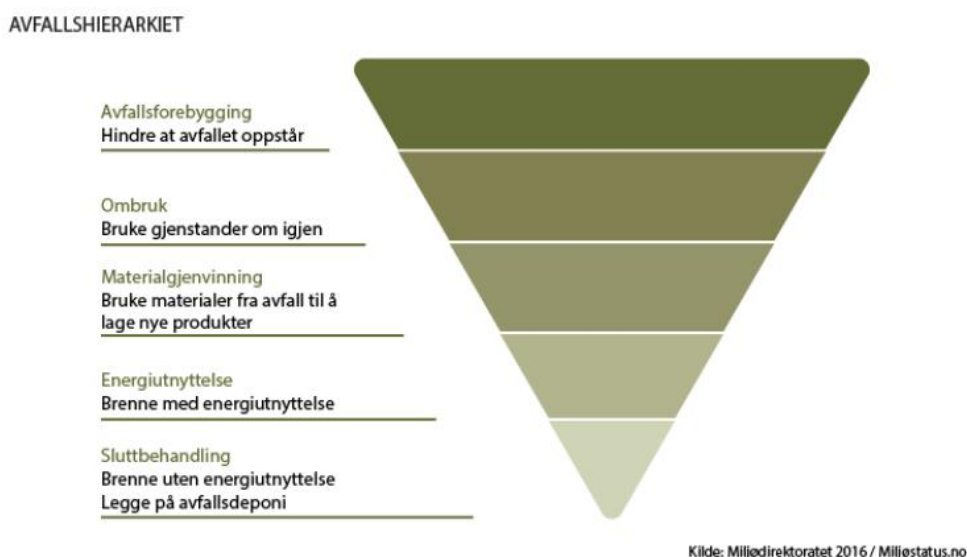
- Transportkapasiteten (komprimeringsgrad)
- Antall beholdere
- Hentefrekvensen

Kostandene vil med andre ord også være avhengig av renovasjonsløsningen som settes til grunn. Kjøretøyene har ulike kapasiteter i forhold til hvor mange fraksjoner den skal hente. Det er også ulik fyllingsgrad på fraksjonen. I en av de fulle må man losse hele kjøretøyet for avfall. Hvor antall beholdere har også noe å si for effektiviteten, flere beholdere betyr lengre lastetid. Andre studier har kommet fram til at større oppsamlingsenheter kan være en mulig løsning for å redusere frekvensen. Det kan føre til økt kostnadseffektivitet og redusere tidsprosessen som igjen kan føre til mindre utslipp ved redusert tomgang.

3.4 Miljø

I dag legges det stor fokus på miljø og hvordan man skal redusere dagens utslipp av klimagasser. Norges siste rapporterte materialgjenvinning ligger på 38% i 2016 men har som mål å nå 50% av husholdningsavfall innen 2020 og 70% i 2030 (Miljødirektoratet, 2018). Dette er bindende mål, avtalt med Europeiske økonomiske samarbeidet (EØS).

Figur 1: avfallshierarkiet



Avfallshierarkiet viser en prioritert rekkefølge for avfallshåndtering (Miljødirektoratet, 2018). Hierarkiet er en tilnærming for hvordan man skal håndtere avfall for å redusere avfallsmengden (Andreasi Bassi, Christensen and Damgaard 2017). Avfallsforebygging har høyest prioritet fordi det hindrer avfall i å oppstå og er dermed en besparelse for miljøet. Nederst i hierarkiet er deponi, dette vil man helst unngå ettersom at avfallet legges på fylling for ingen videre hensikt.

3.4.1 Kildesorteringsløsning

Kildesortering i dag er kompleks, husholdningen skal sortere de ulike type avfall i ulike poser som igjen skal gjøre innsamlingsprosessen enklere for renovatøren når disse posene skal gjennom ettersorteringsanlegget.

Følgende avfallstype som husstandene kildesorter:

- Matavfall
- Restavfall
- Plast
- Papp/papir
- Glass/metall

Dette er de mest vanlige type avfall husstandene kildesortere til oppsamlingsenhetene. Dette fører til at man har fraksjoner for å skille avfallet og avfallstypene som kildesorteres, blir behandlet i hver sin verdikjede ved etterbehandling (Bø et al. 2012).

De ulike fraksjonene krever ulik transport, beholdere, og mengde avfall varierer fordi fraksjoner genererer ulikt. Hvordan en kommune velger å sortere avfallet har betydning for tidsprosessen for innhenting betraktelig. Dette har igjen en innvirkning på effektivitet og kostand ved innsamling (Tanskanen and Kaila 2001).

Her må man vurderer kostnadmessige konsekvenser opp mot miljøgevinsten det gir ved kildesortering.

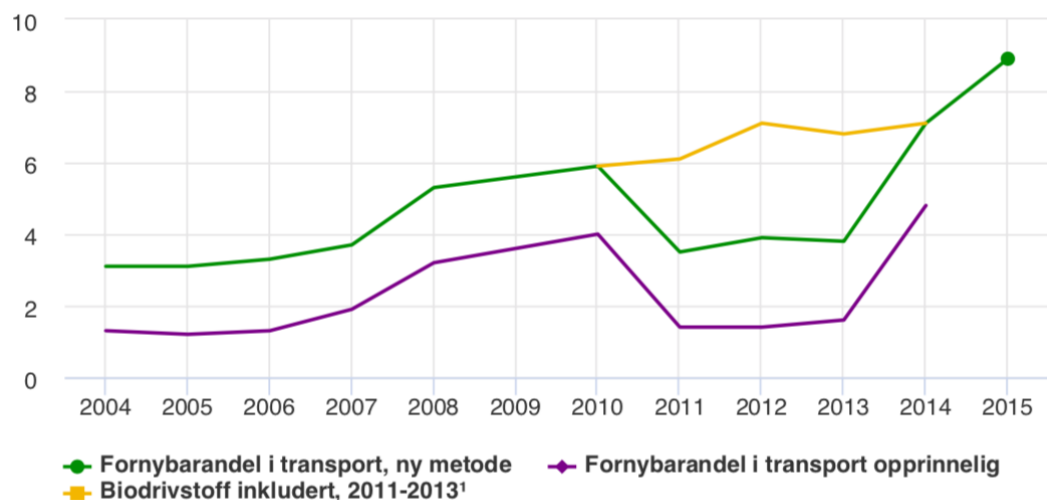
3.4.2 Transportens miljøpåvirkning

Transportbransjen er en sektor som står for en stor del av dagens klimautslipp. Vegtransport er den dominerende transportformen i Norge. Tall fra 2018 viser at 30 % av klimagassutslipp kommer fra transportsektoren og over halvparten av dette kommer fra vegtrafikken. Klimagassutslippene har hatt en jevn økning siden 1990. I 2017 var utslippet 22% høyere enn det det var i 1990. En ser dog at utslippet har stabilisert seg en viss grad de senere årene, selv med den økende trafikk aktiviteten (Miljostatus, 2018).. Noe av forklaringen til dette er økt antall elbiler, biodrivstoff og drivstoffeffektive kjøretøy.

Transportdelen av logistikkfaget, er den største delen og også den delen med høyest drivstofforbruk. Effekten transport har på miljøet kan deles i tre kategorier, utviklingen av transport-veinettet/infrastrukturen, det operative rundt driften av transportkjøretøyet og anvendelsen eller utviklingen av kjøretøyet og/eller delene for seg (Wu & Dunn, 1995, s.32). Logistikk- og transportbransjen er en bransje hvor mer miljøvennlig praksis er etterspurt og i en viss grad myndighets regulert (Lin, et al., 2013, s.1128). Vi ser i dag en økning i bruken av fornybart drivstoff og Norge kom i 2015 som nummer fire på en liste over land som har vedtatt å øke bruken av fornybar energi i transportsektoren.

(<https://www.ssb.no/publikasjoner/transportmalet>)

Figur 2: Fornybarandel i transport i Norge Figur hentet fra SSB



Kilde: Statistisk sentralbyrå.

3.4.2 Biodrivstoff

Biodrivstoff er et alternativ til fossilt drivstoff. Biodrivstoff som fremstilles av avfall som for eksempel rapsolje, fiskefett og frityrolje. ROAF stiller strenge krav til sitt drivstoff, eksempelvis at det skal være fritt for palmeolje. Likevel fremkommer det fra miljødirektoratet at palmeolje var det mest brukte råstoffet i 2017. Videre ser vi i Norge at bruken av biodrivstoff har økt, noe som resulterer i en reduksjon i utslipp fra transportsektoren og andre som har gjort mer miljøbevisste endringer.

Biogass finnes også naturlig, denne kalles CNG (Compressed Natural Gas). Det kan være et alternativ til Bio-CNG som er det internasjonale navnet for biodrivstoff. CNG og Bio-CNG er laget av samme sammensetning av gasser som er fremstilt under veldig lave temperaturer og høyt trykk. Eneste forskjellen er at Bio-CNG lages av biologisk avfall mens CNG er gasser man kan finne som en naturlig ressurs. Drivstoffet som fremstilles har da drastisk redusert utslipp av både Co₂ og Nox (Public Transportation Authority, November 2000).

ROAF benytter seg av biodrivstoff typen HVO 100, som gir en reduksjon av CO₂ utslipp på opp til 88% og NO_x 10% (Saran, Karti, Singh, & Sandeep Sara «u.å.»).

3.4.3 Kalkulering av miljøeffekt:

For å beregne CO₂ utslipp er det primært drivstofforbruk som benyttes i kalkuleringen. Det er dette forbruket som hovedsakelig forbindes med klimagassutslipp i innhenting av avfall (Larsen et.al, 2009, s.652). En drivstoffberegning er det flere faktorer som påvirker drivstofforbruket. Det kan relateres til mengde avfall som blir hentet inn, volum og tyngde. Faktorer som hva slags område en befinner seg i er også relevante faktorer som vil medvirke til variasjon i utslippet. En ser store kontraster i forhold til tetthet av innbyggere rundt om i Norges forskjellige fylker og kommuner. Oslo er byen med høyest tetthet, hvor innbyggertettheten er 1400 innbyggere per kvadratkilometer, dette står i kontrast til Finnmark hvor det er 1,5 innbygger per kvadrat kilometer (Bø og

Baxter, 2017, s.344-345). Med bakgrunn i disse variasjonene vil strukturen for innhenting av avfall og variere deretter. I storbyer kan en av utfordringene være at avfallsbeholderne er mindre tilgjengelige. Dette på den måten at de står inne på fellesområdet til et sameie eller et borettslag, eventuelt at avfallsarbeidere må låse seg inn dører til avfallsrommene. Dette står i kontrast til mer landlige strøk hvor avfallsdunkene kan være mer beleilig plassert ved veien, hvor avstanden mellom kjøretøy og avfallsdunk er minimal. Avstanden mellom husstandene kan derimot være betydelige lengre. En mellomting mellom disse kontrastene vil være familiehus i forstadsområder hvor det er kort avstand mellom husene og dermed også avfallsbeholderne. Tidsbruken for tømming av beholder sett opp imot distanser vil derfor variere betraktelig (Larsen et.al.2009). Andre faktorer som også vil gjenspeile drivstofforbruket og utslipp er topografi, tyngde på bil, kjørestil til sjåfør samt erfaring og effektivitet på arbeiderne etc. Hastighet på kjøretøy trenger ikke være av de mest sentrale kostnadsdriverne for det totale kostnadsbilde. Dette da denne faktoren kan endres på eller kontrolleres til en viss grad ved at innsamlingen kan foregå på natta og dermed unngå trafikk og hva det medfører av hindringer og forsinkelser, men igjen kan dette være utfordrende grunnet lokale regler og retningslinjer (Bø & Baxter, 2016).

3.4.4 Støy en miljøfaktor

Ordet støy eller bråk kan defineres som en uønsket lyd. Det kan også defineres som noe skadelig i den form at det kan være til en så stor plage for den enkelte. Dette kommer av at støy og lyd generelt vil være en subjektiv tolkning av den enkelte for hvordan det oppleves og hvilke fysiologiske effekter den kan ha. Et eksempel på slike fysiologiske effekter kan være et høyere stressnivå eller at det kan påvirke den kognitive responsen til individet.

Støy er en lyd som oppfattes på forskjellige måter av de ulike individer, videre har mennesker en stor rekkevidde for hvordan vi opplever støy. Den enkeltes støyfølsomheten er dermed svært individualisert. Lydene kan genere forskjellige assosiasjoner med bakgrunn i det enkelte individs tidligere opplevelse og erfaringer. Et eksempel på dette er hvordan noen kan oppfatte torden som et

fasinerende og spennende fenomen mens for noen kan det vekke en følelse av tristhet eller noe skummelt (Benfield et al. 2014).

4 Metode

Vi kan skille mellom to typer forskning den kvantitative og kvalitative metode. For å kunne svare på problemstillingen vår er innhenting av data nødvendig. Vi har innhentet både teori og data både for å få lære og forstå mer av et tema vi har hatt lite innsikt i fra før, samt for å kunne gjøre relevante målinger og regne ut for å komme frem til resultater. Videre i dette kapittelet vil vi belyse metodene vi har valgt å bruke for å samle inn nødvendig data. Dette for å gi best mulig svar på problemstillingen vår. Vi skiller mellom primær og sekundærdata.

4.1 Valg av fremgangsmåte (forskningsdesign)

Vi har valgt et kausalt design da vi anser dette som best egnet for å løse problemstillingen i denne oppgaven. Dette for å identifisere om det er en årsak for at variablene kan endre seg fordi det blir benyttet en annen renovasjonsløsning enn dagens.

Det finnes to datainnsamlingsmetoder: kvantitativ og kvalitativ. Kvantitativ er ofte informasjon basert på tallverdier som er målbart og kan struktureres for å forklare det man ønsker å finne ut. Kvalitativ er mer holistisk og fortolkende, der datamaterialet ikke er tallfestet. (Askheim & Grenness, 2008, s.48-51) I denne oppgaven vil vi ta i bruk kvantitativ metode for å analysere hvilke effekter variablene vil gi utslag på transportkostnad og hvordan variablene påvirker miljø.

4.2 Relevante modeller

I denne oppgavens kontekst ønsker vi å undersøke hvorvidt det å endre til nedgravde løsninger vil påvirke kostnadene relatert til innsamling og transport av avfall samt hvordan det vil påvirke miljøet.

4.2.1 Forskningsmodell

Figur 3: Forskningsmodell. Basert på forskningsmodellen fra (Bø et al. 2012 s.14)



4.2.2 Drivstoffeffekt

Da ROAF tilstreber å drifte sine kjøretøy på biodiesel vil utslippsmengden i form av CO₂ være lite relevant ettersom dette utslippet er vesentlig redusert og i noen sammenhenger fremstilt som et nullutslipp. Vi har allikevel valgt å fremstille en beregning for CO₂ utslipp, dette ettersom både ROAF og andre aktører fortsatt har biler som driftes på fossilt drivstoff. Vi ser det som aktuelt å fremstille det slik ettersom alternativene kan være begrenset i de ulike geografiske områdene i Norge, og hva man har tilgang på av alternativ drivstoff. ROAF bruker i dag fossilt brennstoff for avfallsinnhenting i Aurskog-Høland fordi biodiesel ikke har rekkevidde nok for å komme seg tilbake fra kjøreruten. ROAF har egen tank for biodrivstoff på anlegget sitt i Skedsmo. Med dette i ett perspektiv er det av interesse i et annet perspektiv for aktørene å se det ut ifra kostnader relatert til drivstoff ettersom dette er utgjørende for prisen på selve transporten. En kan nok se en kostnadsbesparelse dersom man setter biodrivstoff og fossilt drivstoff opp

mot hverandre, men siden testområdet vårt driftes med biodrivstoff er det denne kostnaden som brukes i kalkylen.

For renovasjonsbransjen er miljøengasjement en viktig verdi og vi ser i dag at flere aktører som operer i byer bruker biodrivstoff. For å belyse miljøaspektet ved bruk av biodrivstoff vil vi også å fremvise en kalkulasjon for CO₂-utslipp dersom kjøretøyene hadde vært driftet på fossilt drivstoff. Fossilt drivstoff som bensin og diesel utvinnes fra råolje. Når dette forbrennes i motorer frigjøres klimagasser, deriblant CO₂.

4.2.3 Miljø

Vi ser det som mest relevant å nevne to elementer i forhold til øvrige miljøeffekter ut ifra denne testen. Det første er støy elementet. Dette kommer av lyden fra kjøretøyet selv, operere kran, støy ved heving av avfallet og videre støy som oppstår av at avfallet dumpes ned i renovasjonsbilen.

Den andre miljøeffekten vi også vil belyse er sikkerheten rundt denne håndteringen. Det kjøres store kjøretøy gjerne på tidspunkter hvor det er mange ute i gatene. Dette grunnet at innsamlingen foregår på morgenen og formiddagen når mange både er på vei til jobb og skole. Kraner i nedgravde løsninger håndteres og det er et poeng at sjåføren må passe på å holde folk på sikkerhetsavstand. Samtidig kan støyelementet være gjeldene her da en ikke får med seg omliggende lyder grunnet overdøvende støy fra kjøretøyet/ kranen selv og avfallet som dumpes ned i kjøretøyet.

4.2.4 Avstandsbesparelse i rute per tur

Vi har regnet oss frem til en gjennomsnittsberegning for kilometerbesparelse. Dette er gjort ved å ta utgangspunkt i rute 3202 som er ruten vi har som test området. På denne gitte ruten har vi simulert 32 nedgravde løsninger som erstatter de tidligere 242 stoppepunktene for avfallshenting. Tallet 32 har vi kommet frem

til ved å gå igjennom hele kjørerute 3202 og sett på alle gateadresser med muligheter for samlet renovasjonsløsning.

Dette reduserer kjøring i rute med gjennomsnittlig 60 meter per stopp. Metoden for å komme frem til denne beregningen har vært å visualisere hele ruten med simulerte stopp. Gjennom den fremstillingen så vi at avstanden varierte fra husstand til nedgravd løsning fra 0 til 120 meter, derav gjennomsnittet på 60 meter.

Stoppepunkter som blir benyttet i simulerte løsninger er beregnet som det «optimale» antallet. Den gjennomsnittlige ruten har 556 husholdninger og 460 stoppepunkter den dag i dag. I vår simulerte gjennomsnittlige rute benytter vi den gjennomsnittlige kapasiteten på 556 husholdninger, fordelt på 25 nedgravde løsninger. Dette gir oss 22,24 husholdninger som går sammen om felles renovasjonsløsning. Når vi ser på den nedgravde løsningens kapasitet så ligger den på 35 husholdninger. Siden det er stor spredning av beboere det stor sannsynlighet for at det må etableres flere enn 25 nedgravde løsninger, uten at distansen fra hus til avfallsbeholder blir for lang.

Vi har også lagt inn dette med hensikt om at selve kjøreruten blir lagt om, slik at kjøretøyet ikke må kjøre inn alle veier som i dag benyttes. Dermed har vi generalisert besparelsen til 60 meter per stopp ved nedgravd løsning.

4.2.5 Tidsbesparelse

Den nye innhentingsordningen vil gi andre tidsaspekter som må tas hensyn til. Sjøførene ved ROAF er i dag heltidsansatte med fast lønn, men for å kunne regne ut en turpris har vi kalkulert rutetiden opp med en timelønn. Dette for å vise kostnadseffekten tidsforskjellene vil gi.

4.3 Datainnsamling

Datainnsamlingen har bestått av primær og sekundær data. Turdataene vi har fått tilgang til er for Nittedal og Skedsmo kommune. Vi har også fått ekstra informasjon tilsendt på epost fra ROAF.

4.3.1 Primærdata

Primærdata er blitt hentet inn via møtet med ROAF. I mars besøkte vi ROAF gjenvinningsstasjon på Skedsmo. Der var vi på et informasjonsmøte hvor vi fikk møte flere av de ansatte. Vi fikk ett innblikk i hvordan ettersorteringsanlegget blir driftet og hvordan avfallet blir håndtert fra start til slutt.

I møtet fikk vi snakket med noen fra arkitektgruppen som kunne opplyse om at de har startet med å implementere nedgravde løsninger på noen av rutene. Ved innhenting av avfall på de nedgravde løsningene driftes kjøretøyene kun av sjåføren og det er sjåføren selv som gjør alt rundt tømning av avfallet. Vi fikk også opplyst hvilke størrelser på beholderne de anså som hensiktsmessig å bruke. Dette basert på plasseringer og hvem eller hvor mange husstander som vil tilhøre avfallsløsningen, samt forventet mengde avfall generert av husstandene.

Hovedkilden til primærdataen kommer hovedsakelig fra møtet og det ble ikke tatt noe opptak, det har kun vært dialog og relevant data har blitt skrevet ned i forbindelse med dette. I forkanten av møtet har vi kommet frem til spørsmål som vi ville ha avklart basert på egen innsamling av data.

Vi har også vært i kontakt med teknologisk avdeling i Skedsmo kommune for utfyllende informasjon.

4.3.2 Sekundærdata

ROAF ble gitt til oss som samarbeidspartner og vi har fått tilsendt en rekke data direkte fra dem. Dette er materialet vi har bearbeidet og mye er sortert ut for å kunne bruke det videre. Det har vært krevende å skille kostnadene i og med det er

blitt sendt to ulike filer angående kostnad. Den ene filen viste til løpende kostnader i form av bilag og den andre en oversikt over årlige kostnader og kostnader i kr pr km.

Vi har også brukt ulike rapporter, teorier og tidligere forskning på relevante temaer for å kunne besvare problemstillingen best mulig. Våre mest brukte søkeord er *route planning*, *transportation*, *environment*, *fuel-consumption* og *idling*,

4.4 Reliabilitet

Reliabilitet er hvorvidt resultatene er til å stole på. Dette innebærer riktig bruk av “instrumentet” som er blitt benyttet for å skaffe data og om det er rekonstruert bart i resultatet. Altså hvorvidt klarer andre komme frem til det samme resultat ved å bruke de samme dataene og innsamlingsmetoden (Askheim & Grenness, 2008 s.22).

Data tilsendt fra ROAF er basert registrering av egne ruter og tidsbruk. Det har vært et internt prosjekt for å kartlegge tidsprosesser og andre variabler i selve rutene. Tallene er nokså ferske i og med at det er tall fra 2018. Vi har selv vært og inspisert det vi valgt oss ut som testrute for å få en innsikt i hvordan veiene er bygd opp og hvor det kan være hensiktsmessig å plassere de nedgravde løsningene.

Tidsbruken for tømning av en nedgravd løsning er satt til 2 minutter og 12 sekunder i denne oppgaven. Tallet er hentet fra en video publisert av stormbergplast som viser en loggført tid (https://www.youtube.com/watch?v=-4_vcM5G9Nc). Vi har selv foretatt egne observasjoner og logging som samsvarer med denne tidsbruken.

4.5 Tallvaliditet

Det har vært noen mangler og andre tall ROAF ikke har kunnet gi oss. Der dette er aktuelt har vi innhentet andre tall fra andre rapporter eller kilder som vi anser som kompatible for dets bruk. Vi har forsøkt å generalisere enkelte deler av beregningene, for å lettere kunne sammenligne resultatene i et større bilde. En svakhet ved å bruke gjennomsnittsberegninger er at det kan gi stor spredning og et mindre riktig tall for de ulike områdene.

Med hensyn til avfallsmengden per husstand har vi tatt utgangspunkt i ROAF sin standardberegning, samt tall fra statistisk sentralbyrå (<https://www.ssb.no/avfkomm>).

ROAF har en begrensning for i hvilken grad avfallet kan komprimeres. Dette er fordi mye av avfallet samles i samme beholder og ved komprimering risikerer en å ødelegge avfallet. Det er fordi posene blir ødelagt og at avfallet blandes i hverandre. Et eksempel er om matavfall posen ødelegges, da vil matavfallet spres med resten av avfallet og gjøre utsorteringen vanskeligere. Dette resulterer i at komprimering ikke er veldig relevant i ROAF sin situasjon.

Det er også en del tall som vi ikke har fått tilgang til. Tallene vi har manglet har vi blant annet hentet fra Bø, Flygansvær og Grønland (2012) sine beregninger. Det som er hentet er generaliserende variabler som utslipp av CO₂, NOX og tomgangsforbruk av diesel.

Chassis- investering er en verdi vi ikke har fått oppgitt direkte fra ROAF, vi har derfor brukt Bø et. al (2012) sine investeringstall for dette ettersom deres kalkyle også er gjort for et renovasjonskjøretøy og vi ser derfor på dette som en tilnærmet lik investering for vår oppgave. Vi har heller ikke fått oppgitt avskrivningssatser og har derfor brukt en standardtilnærming på 20% avskrivningssats.

5 Analyse

I dette kapittelet gjennomgår vi beregningene for analysenivåene for denne oppgaven. Vi viser til forutsetningene for kostnadskalkylen, tidsberegninger og miljøberegning i form av CO2 utslipp.

5.1 Analysemodell

Av statistisk sentralbyrå fremkommer det at husholdningsavfallsmengden per husstand er redusert de siste årene. Vi ser en reduksjon på 1,7% per innbygger i snitt (<https://www.ssb.no/avfkomm>, 2018).

I Skedsmo kommune er det to beholdere for avfall for hver husstand. Restavfall blir kastet i samme beholder. Avfallet blir deretter videre ettersortert på renovasjonsanlegget til ROAF. Da matavfallet kastes i egne poser blir disse posene gjenkjent på anlegget av sensorer og videre håndtert der det skal på riktig måte. Plast scannes ut og materiale/emballasje med metall i seg trekkes ut ved hjelp av en magnet funksjon. Papir har derimot en egen beholder og kjøres til en annen gjenvinningsstasjon. Frekvensen for henting er per i dag for restavfall en gang per uke og for papir hver fjortende dag. I Skedsmo kommune har de egne returpunkter for glass og metallemballasje, disse punktene er spredt rundt i kommunen. Det er på agendaen til ROAF at denne fraksjonen kan få sin egen beholder ved siden av de andre avfallsbeholderne, men dette avhenger av at det utsorteres tilstrekkelig. Ved å få avfallsbeholderne av denne fraksjonen mer tilgjengelig ved de andre beholderne er målet at sorteringen for dette økes og at mer kan resirkuleres. Testundersøkelser ROAF har foretatt for denne fraksjonen har ikke direkte vist at dette er tilfelle, men dette er noe som vurderes sterkt å implementere i fremtiden.

5.2 Avfallsvolum

Avfallsmengden er en variabel som kan svinge ettersom hvor mange som bor i hver boenhet og hva de generere av avfall. Forskjellen kan være stor mellom en småbarnsfamilie med bleiebarn og en voksen person som bor alene. ROAF beregner en tilgjengelig kapasitet for hver boenhet på 140 l per uke. SSB viser til en gjennomsnittsberegning for at hver innbygger generer husholdningsavfall tilsvarende 426 kg per år. I Skedsmo kommune per 1 kvartal 2019 var det ifølge SSB (<https://www.ssb.no/kommunefakta/skedsmo>) 2,25 beboere per husholdning. Dette vil gi en beregning på litt over 18 kg avfall per husholdning per uke.

Ved en nedgravd løsning er det per i dag to størrelser ROAF ser som hensiktsmessige å bruke, størrelsene er på tre og fem kubikk. Den på fem kubikk beregner de da til å ha en kapasitet for 35 boenheter med noe rom for avvik der dette vil være geografisk hensiktsmessig. Minimum boenheter per beholder er satt av ROAF til minimum ti boenheter.

Ettersom ROAF sine avfallsfraksjoner er begrenset, er det mye som kommer i samme beholder. Dette er noe som må tas hensyn til i forhold til komprimering i kjøretøyet og at man ivaretar posene slik at avfall ikke blandes. Dette vil gjøre ettersorteringen mindre optimal grunnet blandet avfall. ROAF har mulighet for en viss grad av komprimering i kjøretøyet, men det stilles ulike krav grunnet nettopp konsekvensen av ødelagt avfall.

5.3 Aktuelle modeller

Modellene for de aktuelle analysene er basert på en tradisjonell transportkalkyle og videre tilpasset med utgangspunkt fra rammeverket i rapporten «miljøvennlig innsamling av avfall» (Bø, et al., 2012).

Vi har fått innsikt i hvordan rutene ser ut i dag. Dette er fastsatte ruter som kjøres til faste tider. På bakgrunn av disse opplysningene har vi valgt ut en rute som testrute for nedgravde løsninger. Ved valg av testrute tok vi hensyn til hvordan bebyggelsen så ut. Vi så oss ut noen mulige steder for hvor de nedgravde løsningene kunne plasseres, dette med tanke på avstand fra hverandre og hvor

plasseres i forhold til veien. Dette for å unngå kjøring inn i alle småveier og i tillegg med hensyn til avstand til og fra de enkelte husstandene.

Tabell 1: Forutsetninger for kostnadskalkylen

Modellens inputvariabler	Forutsetninger
Vi fremstiller en test rute som et eksempel for å belyse eventuelle besparelser.	Skedsmo i gjennomsnitt: Vi har benyttet 25 nedgravde løsninger som et optimalt antall nedgravde løsninger fordi det gir oss den mest fleksible fordelingen av husstander pr nedgravde løsning. Kapasitet: $10-35$ husstander pr nedgravde løsning = $10+35/2=22,5$ Fordeling: 556 husstander/ 25 nedgravde løsninger = $22,24$ husstander
<ul style="list-style-type: none"> • Faste kostnader - Investering - Administrasjon - Avgifter - Forsikring - Rente 	Sett bort fra investeringskostnad utstyr for å kunne tømme avfallsbeholderne (krok/kran). Administrasjonskostnadene til ROAF har en sjablong på 20% av totalkostnadene ifølge ROAF.
Variable kostnader <ul style="list-style-type: none"> • Dekk Drivstoff=biodiesel (HVO100) Reparasjon og vedlikehold	Dekk kostnadene ligger på 40.000 kr i året sånn det er i dag. HVO 100= 10 kr literen Fått oppgitt en månedlig kostnad i form av «norm for bil».
Lønnskostnader <ul style="list-style-type: none"> • Timelønnsats 	Ved denne løsningen er det en mann oppsatt per kjøretøy. Det er sjåføren selv som laster og loss og håndterer hele sekvensen ved tømming av avfallsdunkene. Timesats inkludert sosialkostnader og personalgoder: 315 kr timen for en renovasjons sjåfør.
Hastighet km/t	I denne modellen er det tatt hensyn til to forskjellige hastigheter. Hastigheten frem til første tømming og fra siste og tilbake til avfallsmottaket. 35 km/t . Hastigheten ved innsamlingen av avfallet (i rute) 10 km/t.

Lossetid ute for beholderne	På den gitte ruten (3202) oppgis det 242 stoppepunkter slik det håndteres i dag. Gjennomsnittlig i Skedsmo kommune er det 460 stoppepunkter pr rute.
Lossetid avlastning Min	Oppgitt direkte fra ROAF til 20 min per tømming av avfallsbil på renovasjonsanlegget.
Pause	Det er innlagt en pause på 30 min ved totalberegningen i alle ruter.

I den utførte analysen for kostnadsperspektivet fikk vi en sum for totale kostnader på henholdsvis 2 244 590 kr for dagens løsning og 1 600 110 kr for simulert nedgravd løsning. (Se vedlegg). Vi har også fordelt disse kostnadene til husstandnivå og ser en reduksjon fra 1 009 kr til 719 kr per husstand per år. Dette viser en kostnadsbesparelse på 28,71%. Største delen av kostnadsbesparelsen fremkommer av lønnskostnadene. Dette grunnet en reduksjon for antall personell per bil fra to til en ansatt per rute.

De neste modellene belyser tidseffektene for test-rute 3202 og deretter tidseffektene for Skedsmo kommune basert på gjennomsnittsberegninger.

Tabell 2: Beregning av tidsbruk for test-rute med dagens løsning.

Inputvariabler	Verdi
Kjøretid= kjøring til rute + kjøring i rute	34 min og 17 sec + 81 min og 49 sec =1 t 56 min 6 sec
Lossetid beholdere:	242 stoppepunkter*27,2 sek = 2 t 39 min og 43 sek.
Lossetid avfallsmottak:	20 minutter
Tomgang i innhenting=lossetid beholdere + lossetid avfallsmottak	2t 39 min og 43 sec + 20 min= 2 t 59 min og 43 sec
Rutetid= kjøretid + lossetid beholder + lossetid avfallsmottak + pause (30min)	5 timer 25 min og 49 sek

Tabell 3: Beregning av tidsbruk for test-rute med nedgravde løsninger.

Inputvariabler	Verdi
Kjøretid= kjøring til rute + kjøring i rute	34 min og 17 sec + 71 min 12 sec=1 time 45 min 38 sec
Lossetid beholdere, 32 stopp	2 min 12 sek for en beholder x 32 stopp = 1 t 10 min og 24 sec

Lossetid avfallsmottak	20 minutter
Tomgang i innhenting=lossetid beholdere + lossetid avfallsmottak	1t 10 min og 24 sec + 20 min = 90 min og 24 sec
Rutetid= kjøretid + lossetid beholder + lossetid avfallsmottak + pause (30min)	3 timer 46 min og 2 sek

Det fremgår altså av disse analysene at tidsbesparelsen på testrutene ved å legge om til nedgravde løsninger vil være tilnærmet ca 1 time og 40 min.

Tabell 4: Beregning av tidsbruk for Skedsmo i gjennomsnitt med dagens løsning

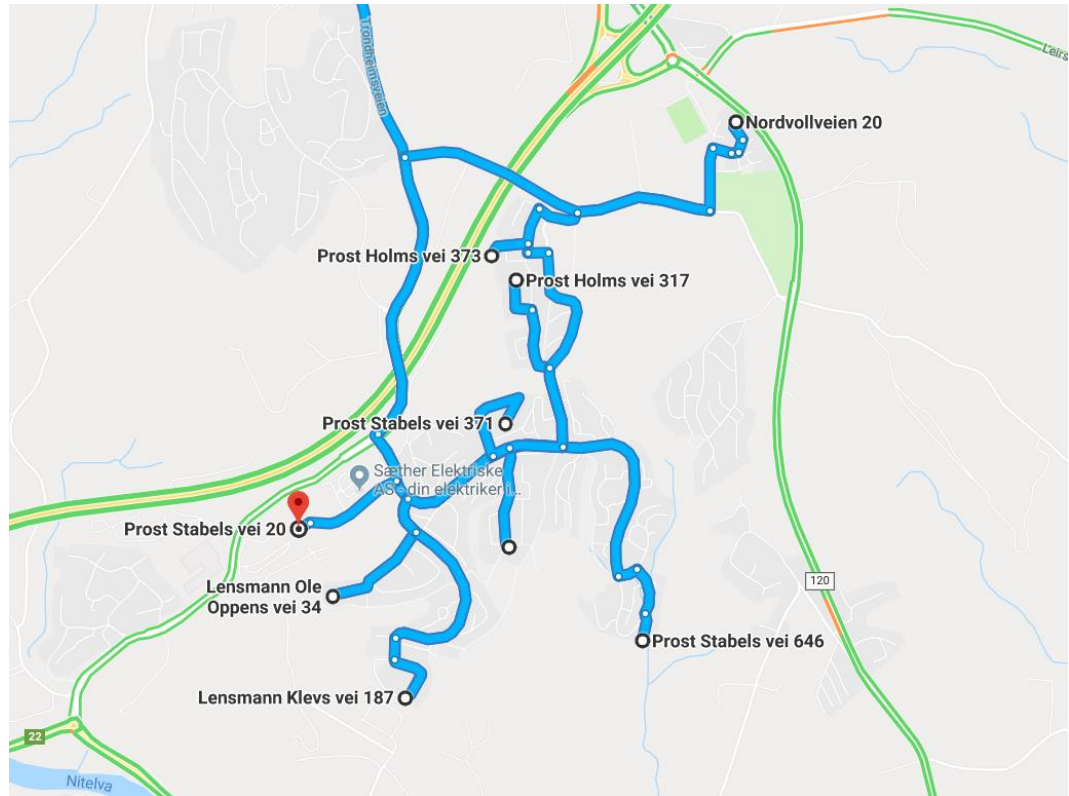
Inputvariabler	Verdi
Kjøretid= kjøring til rute + kjøring i rute	45 min 57 sec + 2 t = 2 time 45 min 57 sec
Lossetid beholdere	460 stopp*27,2 sec=4t 14 min og 40 sek
Lossetid avfallsmottak	20 minutter
Tomgang i innhenting=lossetid beholdere + lossetid avfallsmottak	3 t 28 min 32 sec + 20 min = 3 t 48 min 32 sec
Rutetid= kjøretid + lossetid beholder + lossetid avfallsmottak + pause (30min)	7 t 4 min og 29 sec

Tabell 5: Beregning av tidsbruk for Skedsmo i gjennomsnitt med nedgravd løsning

Inputvariabler	Verdi
Kjøretid= kjøring til rute + kjøring i rute	45 min 57 sec + 1 t og 51 min= 2 t 36 min og 57 sec
Lossetid beholdere, 25 stopp	2 min 12 sek for en beholder x 25 stopp = 55 min
Lossetid avfallsmottak	20 minutter
Tomgang i innhenting=lossetid beholdere + lossetid avfallsmottak	55 min + 20 min = 1t og 15 min
Rutetid= kjøretid + lossetid beholder + lossetid avfallsmottak + pause (30min)	4t 21 min 57 sec

Etter vår simulerte testrute så vi at ROAF kunne effektivisere tidsbruken i ruten betraktelig. Vi fikk en tidsbesparelse på 30,63%. For vår gjennomsnittsmoell så vi en tidsbesparelse 38,29%.

Oversiktsbilde over test-området (Rute3202)



For å vise hva utslippet ville vært ved fossilt drivstoff, har vi foretatt en beregning av CO₂ ekvivalenter. Vi ser på de to variablene liter drivstoff forbrukt ved kjøring og tomgangskjøring. Tomgangskjøring er summen av all stopptid, dette ved lossing av alle beholderne og ved avfallsmottaket. For CO₂ faktorene i beregning bruker vi 2,90 liter per time ved tomgangskjøring og CO₂ utslipp per liter drivstoff 2,69 (Bø, et al. 2012. s. 24).

Tabell 6: CO₂ beregning rute 3202

CO ₂ kalkulasjon	Rute 3202
Totalt CO ₂ utslipp for ruten simulert med nedgravd løsning: Pr år må vi gange inn 4 turer i uka og 52 uker med kjøring og får da et årsutslipp på 9228,21 kg CO₂	Diesel forbruk til/fra ruten + i ruten + tomgangskjøring $= 19,71 + 12,89 + 11,76 = \mathbf{44,36 \text{ kg CO}_2}$ utslipp pr tur.
Totalt CO ₂ utslipp for ruten sånn den er i dag:	Diesel forbruk til/fra ruten + i ruten + tomgangskjøring

Pr år må vi gange inn 4 turer i uka og 52 uker med kjøring og får da et årsutslipp på 12039,64 kg CO2	=19,71 + 14,78+23,38 = 57,88 kg CO2 utslipp pr tur.
12039,64 - 9228,21 = 2811,42 kg mulig besparelse CO2	Tomgangskjøringen er summen av all stopp-tiden brukt i lossing for alle beholderne og lossetid avfallsmottaket.

Tabell 7: CO2 beregning gjennomsnitt Skedsmo

CO2 kalkulasjon	Gjennomsnitt i Skedsmo
Totalt CO2 utslipp for ruten sånn den er i dag: Pr år må vi gange inn 4 turer i uka og 52 uker med kjøring og får da et årsutslipp på 15780,0 kg CO2 Totalt	Diesel forbruk til/fra ruten + i ruten + tomgangskjøring =19,71 + 26,41 + 29,74 = 75,86 kg CO2 utslipp pr tur.
CO2 utslipp for ruten simulert med nedgravd løsning: Pr år må vi gange inn 4 turer i uka og 52 uker med kjøring og får da et årsutslipp på 11316,29 kg CO2	Diesel forbruk til/fra ruten + i ruten + tomgangskjøring =26,41 + 18,23 + 9,76 = 54,40 kg CO2 utslipp pr tur.
15780,004 - 11316,2947 = 4463,70 kg mulig besparelse CO2	Tomgangskjøringen er summen av all stopp-tiden brukt i lossing for alle beholderne og lossetid avfallsmottaket.

Som presentert i teorikapittelet kan drivstofforbruket variere ettersom avstanden og hastigheter varierer i løpet av turen. En kan nok si at største parten av drivstofforbruket foregår i innsamlingsdelen av transporten, men dette er en variabel som vil variere ettersom de forskjellige rutene gir ulike distanser, topografi etc.

5.4 Distanse besparelse

En omgjøring til nedgravde løsninger vil innskrenke nødvendig kjøredistanse med 1,5 km per tur i gjennomsnitt for Skedsmo kommune. Kjøretøyet kjører fire ruter i

uken. Dette tilsvarer dermed en gjennomsnittbesparelse på 6 km i uka som vil si en kilometerbesparelse på 312 km i året.

6 Resultat og diskusjon

I denne oppgaven har vi sett på et alternativ til dagens renovasjonsløsning i en kommune ROAF har ansvar for. Vi har fokusert på hvilke effekter det først og fremst har for transporten å gjøre, ved å endre oppsamlingsmetode til nedgravd løsning. Dette med tanke på kostnader og miljø relatert til selve innsamlingen og transporten av avfallet.

6.1 Tidseffekt

Den mest utslagsgivende faktoren vi ser ved denne analysen er tidseffekten. Ved å legge om til nedgravde løsninger vil det være flere boenheter per stopp. Dette sett i forhold til dagens klassiske løsning, hvor hver boenhet har hver sin avfallsbeholder som krever et eget stopp. Det finnes også andre fellesløsninger som delt avfallsbeholder, felles container i borettslag/sameier eller samlede enkelt containere for å kutte antall stopp for renovasjonsbilen. Disse løsningene fungerer greit den dag i dag, men sett opp imot en nedgravd løsning er det store forskjeller i tidsbruken.

Vi ser at flere av rutene for dagens løsning opereres med to ansatte per kjøretøy, dette reduserer hentetiden fra 40 sek til 25 sekunder ifølge rutetabellen til ROAF. Der hvor det kun er oppsatt en person for ruten, må vedkommende ut av bilen for hvert stopp, noe som tar mye tid. Effektiviteten av å være to sier seg selv å være vesentlig høyere for denne ordningen, men lønnskostnadene vil også være tilnærmet en dobling. Dette vil jo avhengig av hvilket lønnstrinn de ansatte er på. Vi har regnet ut at gjennomsnittet i Skedsmo bruker de 27,2 sekunder når de er 2 som tømmer. Dette er en vesentlig forskjell når det er gjennomsnittlig 460 stopp pr rute. Dette fremkommer av analysene vi har foretatt for tidsberegning av rutene.

Tabell 8: Lønnskostnader

Personalkostnad pr. sek inkl sos. kostnader (315 kr/t)	0,0875		0,0875
Tidsbruk pr rute * 4 ruter i uka	101874		62866
Antall sjåførere pr rute	2		1
Antall uker rutene kjøres	52		52
Tot lønnskostnader pr år	927056		286041,6

Over ser vi en lønnskostnadstabell som viser at de store besparelsene ligger i besparelsen av timelønn og reduksjon i behovet for antall personer pr kjørerute.

Ved å implementere den nye løsningen innebærer dette et sterkt redusert antall stopp i ruten. Vi har fått ned antall stoppepunkter fra 460 til 25, dette ved at det ved hvert stoppepunkt for de nedgravde løsningene tilhører 22,24 husholdninger i gjennomsnitt, i motsetning til 1,2 husholdninger ved hvert stoppepunkt som er gjeldende for dagens løsning. Dette er gitt ved den best mulige optimaliseringen og det sier seg selv at en slik reduksjon vil ikke være mulig å gjennomføre eller la seg gjøre alle steder. Når det er sagt så vi det potensielt mulig for testrutene å redusere tidsbruken med 38,29% og redusere personell behovet til en. Ruten er per i dag satt opp til å driftes av to personer, dette er ikke nødvendig da sjåføren selv utfører alt arbeidet selvstendig ved håndtering av nedgravde løsninger.

Kjørerutene som brukes per i dag kan effektiviseres ved å endre dette oppsettet. Rutene er i dag lagt opp for heltidsansatte med rutetider på gjennomsnittlig 7 timer og 4 minutter. Ved nedgravde løsninger får vi en tid på 4 timer og 22 minutter som skaper mye dødtid for sjåføren. Nye kjøreruter må settes opp hvis man skal få full effekt av tidsbesparelsene ved nedgravd løsning.

6.2 Kostnadseffekter

Tidsbesparelsen ved at flere boenheter er sammen om en beholder påvirker kostnadene i en særst positiv retning. Dette da vi beregner ut ifra et gjennomsnitt på 22 husstander per nedgravde løsning. De største beholderne som sees som

hensiktsmessig å ta i bruk er fem kubikk og disse har en beregnet kapasitet på inntil 35 husstander. Kostnadsbesparelsen for kjøredistanse som potensielt kan bli 312 km ved nedgravde løsninger er ikke en stor besparelse i seg selv, men over tid er dette relevant å ta med som en egen faktor.

Dieselskostnaden på 6,5 kr/ km er relativt høy i forhold til den generelle kostnaden for dieselforbruk. Dette er fordi HVO 100 biodiesel har ikke samme effekt/styrke (Saran et al. «u.å») som fossilt drivstoff. Den eksakte utregningen for å medberegne effekttapet ved å bruke biodiesel har vi ikke brukt i oppgaven da vi fikk 6,5 kr/ km gitt av ROAF.

Tabell 9: Variable kostnader

Variable kostnader	Dagens løsning	Simulert løsning
Dieselskost	56446	54418
Rep vedlikehold	96000	96000
Dekk kostnad	40000	38562,87
Tot Var kost	192446	188980,87

Her ser vi en tabell over de variable kostnadene for driften av en renovasjonbil over ett år. Det er ikke store besparelser, men vi ser at dekkkostnadene og dieselskostnadene blir redusert da kjøreavstanden har blitt kortet ned med 312 km i året.

De faste kostnadene er like ved dagens løsning og simulert nedgravd løsning, siden det er ingen besparelsesfaktor som påvirker kostnadene.

Ved å endre renovasjonsløsning i det gitte området til nedgravd løsning vil dette påvirke flere faktorer. For ulike geografiske områder er det også elementært å se på om det i det hele tatt er gjennomførbart. Dette med tanke på hvor beholderne skal stå og hvem som vil sokne til de ulike beholderne. Videre må det tas hensyn til avstander, dette med tanke på de som bor lengst unna, men samtidig også at standplass plasseres mest hensiktsmessig for sjåføren og renovasjonskjøretøyets mulighet for plassering under utførelse av arbeid. Dette er faktorer som påvirker hverandre og som må tas hensyn til for alle parter.

En faktor som kan tas med i beregning og undersøkes videre er hvorvidt beboerne selv vil benytte eget kjøretøy for å tømme avfall. I et slikt scenario kan det være aktuelt å se på hvilken påvirkning dette eventuelt vil ha både med tanke på miljø og sikkerhet.

Som tidligere belyst er det forskjell på generering av avfall fra de forskjellige husholdningene. Samtidig skal det jobbes med en optimal plassering for de nedgravde løsningene, dette med tanke på det geografiske og det estetiske hvor det kan «passe» inn. Det er altså flere forutsetninger som må tas hensyn til ved en slik omgjøring og det er dermed ikke gitt hvor det er greit å grave ned løsningene.

6.2.1 Prisformater

Tabell 10: Prisformater

Prisformater	Nedgravd løsning	Dagens løsning
Beboere pr rute	556	556
Ruter i uka	4	4
Uker med henting	52	52
Turpris	7692,84	10791,30
Enkelt henting pr husstand	13,84	19,41
Årspris pr husstand	719,47	1009,26

I denne tabellen har vi tatt frem noen av de vanligste prisformatene. Vi ser en total kostnadsbesparelse på 28,71 prosent som optimalt kan nåes. Det er ingen økonomisk investering som ROAF trenger å gjøre da dette er opp til hver enkelt husholdning/sameier/borettslag å finansiere en nedgravd løsning. Kommunen gir noe støtte ved etablering av nedgravd løsning. Motivasjonen for å få til en endring av renovasjonsløsningene må derfor belyses ettersom dette ikke lar seg gjøre uten beboerne sin godkjenning.

6.3 Ruteoptimering og miljøeffekt

Ved en endring til nedgravd løsning kan man anta at kjørelengden for ruten reduseres. Vi har i vår analyse vist til noe reduksjon ved at beholderne plasseres slik at det ikke er nødvendig for kjøretøyet å følge alle småveier, slik dagens rute er lagt opp. Det resultatet vi har presentert er gjort ved å følge den samme ruten som opereres etter med dagens løsning. Distansesparelsen kan nok økes eller effektiviseres ytterligere ved å optimalisere rutene etter en ny løsning om dette sees som hensiktsmessig. De eksakte tallene for hva distansesparelsen faktisk vil være er vanskelig å si noe konkret om.

Det antas at ved å legge om til nedgravde løsninger vil miljøeffektene påvirkes. Dette i form av mindre tidsbruk ute i tettbebyggelse, mindre kjøring i gatene dersom de nedgravde løsningene plasseres hensiktsmessig ved veien og på den måten at avfallsbilen kan unngå å kjøre inn i alle blindveiene.

Andre miljøaspekter som vi ser kan ha positive effekter ved denne endringen er redusert støynivået fra kjøretøyet inni gatene, kortere tidsbruk for kjøretøyet inni boligfeltene og dermed også støyvarigheten. Samtidig ved en omlegging og om renovasjonskjøretøyene driftes på ettermiddagen/kvelden i enkelte områder, kan dette gi nye forutsetninger for sikkerheten. Dette med tanke på trafikken og støyen det genererer.

6.4 Frekvens

Dagens løsning er henting på faste dager for de ulike rutene, hvor det hentes en gang per uke for restavfall, altså en fastsatt hentefrekvens. Ved nedgravde løsninger er det et poeng at fyllingsgraden ikke overgår kapasiteten.

Avfallsmengden kan variere gjennom året, og noen husholdninger kan i periodevis ha mye de skulle blitt kvitt. Dette kan medføre for liten kapasitet i avfallsbeholderne. I dag er dette løst på den måten at en kan kjøpe ekstra avfallssekk fra ROAF og sette denne ved siden av avfallsbeholderen. Avgiftene er

dekt i prisen for sekken som beboeren kjøper. Hvordan dette eventuelt kan løses ved omgjøring til nedgravd løsning er ikke tatt opp innad i ROAF. Andre tider det kunne vært greit å undersøke avvikende avfallsmengder kan være julen og sommeren. Dette med tanke på en eventuelt mer tilpasset frekvenshenting.

En alternativ løsning til dette kan være å implementere en nivåmåler i beholderen. Denne løsningen fungerer på den måten at en måler leser av fyllingsgraden. Videre signaliserer denne måleren når kapasiteten går mot full, altså en indikasjon på at beholderen bør tømmes. Samtidig kan det være av hensikt for å ikke tømme halvfulle beholdere eller komme til overfylte beholdere som innebærer merarbeid grunnet rydding rundt selve beholderen. Nivåmålere er ikke implementert for noen av beholderne i ROAF sin drift per i dag, men dette er noe som mest sannsynlig vil komme i fremtiden opplyses det.

I forhold til kapasiteter tilgjengelig vil det også være aktuelt å belyse behovet for hentefrekvens. Gjennomsnittet for hver beholder er beregnet til 22 husstander per løsning i våres analyse. Om man har benyttet størrelsen på fem kubikk, men ikke utnyttet den beregnede kapasiteten for antall husholdninger vil beholderne mest sannsynlig ikke være fulle ved henting noe som ikke er optimalt eller veldig effektivt drifting. Her ser vi heller en stor mulighet for endret hentefrekvens, men rutene må dermed også tilpasses dette.

ROAF tar utgangspunkt i at hver boenhet generer avfall tilsvarende 140 l i uken. Dette er basert på dagens løsning og hva husstandene har av tilgjengelig kapasitet. Det er på bakgrunn av dette tallet kapasitetsberegningene er gjort i forhold til de nedgravde løsningene. Som tidligere presentert vil avfallsmengden variere etter flere faktorer og dersom antall husstander per beholder er mindre enn beregnet kapasitet kan en argumenteres for at det vil være et redusert behov for henting av avfall. Da avfallet «oppbevares» under bakkenivå og i en lukket beholder ansees faktorer som lukt lite som relevant.

7. Konklusjon

Metodevalget ved å bruke en testrute var for å eksemplifisere spesifikt ved en reell fremvisning hvordan det kan gjøres. Dette for å visualisere både for oss selv hvordan det faktisk kan og vil se ut i virkeligheten og samtidig kunne beregne helt spesifikt og detaljert for ruten. Dette ble bakgrunnen for å videre belyse relevante effekter og dermed mulige besparelser. Det er vanskelig å fremstille en modell som er representativ for hele området siden det er store variasjoner i både bebyggelse, kjørelengde, topografi og andre faktorer. Hensikten med denne oppgaven var å se på de potensielle besparelser eller effekter i innsamlingen og transporten av avfallet for dette området.

Vi har også valgt å fremstille en modell for å vise en større generalisering av effektene innad i Skedsmo kommune. Dette er dermed en svært overordnet fremvisning og ved en større omgjøring for alle kommunene og områdene må det analyseres mer systematisk. En nedgravd løsning vil ikke være hensiktsmessig i alle områder. Dette fremkommer eksempelvis frem av at enkelte boenheter er mer isolert og avstanden til en nedgravd løsning vil være vesentlig lengre enn 100 meter om flere husstander skulle gått sammen. Det finnes derimot andre løsninger som også vil bidra til effektivisering. Et eksempel kan være at to husstander går sammen, men da må det også sees på som hensiktsmessig fra beboerne sitt perspektiv.

Effektene vi har ønsket å måle slik det fremkommer av problemstillingen er kostnader og miljø. Den største faktoren som gir utslag for dette er tidsbesparelsen. Den reduserte tiden i ruten er svært utslagsgivende spesielt for kostnadseffekten. Dette ved at en frigjør tid for sjåføren da arbeidstiden for ruten reduseres betraktelig. Denne besparte tiden vil igjen gi utslag på lønnskostnadene. Dette grunnet vår metode om å bruke timelønnsats og ikke fastlønn. Ut av dette kan en konkludere med et redusert behov for antall sjåførere. Altså en mulig nedbemanning av personell og siden tiden frigjøres både for sjåfør og kjøretøy kan en i tillegg vurdere mulighetene for å også redusere antall kjøretøy i driften

for ytterligere besparelser. Dette fremkommer av at samme kjøretøy kan brukes på flere ruter. ROAF starter utkjøring kl 0600 og de fleste lokale boligvedtektekter sier stopp for kjøring i området kl 2100. ROAF holder åpent til kl 2200 noe som dermed kan være et argument for å potensielt kjøre skift og rekke enda flere ruter per dag. Videre effektivisering kan også oppnås ved annen frekvens henting. Spørsmålet kan da være om det er nødvendig med henting av avfall så ofte som en gang per uke eller om dette kan reduseres grunnet en større kapasitet. Om det er aktuelt å se mer på dette må det undersøkes nærmere med tanke på mengde avfall og behovet ettersom ROAF tar sikte på å implementere nivåmålere i fremtiden. Det er noe som vil gi bedre kontroll over avfallsmengden og en lettere kan justere hentefrekvens etter disse måltallene og indikatorer.

Miljøeffekter er også en effekt vi tar opp i problemstillingen. Den ene analysen viser hva CO₂ utslippet ville blitt redusert med, dersom bilene kjørte på fossilt drivstoff. Dette med tanke på redusert kjøretid i rute, noe kortere distanse og vesentlig redusert tomgangskjøring.

De andre miljøeffektene vi har presentert i oppgaven er også faktorer som får positive konsekvenser som følge av å gå over til nedgravd løsning. I dette innebærer mindre støy og mindre trafikk. Vi har i denne oppgaven kun fokusert på effekten av transportdelen, noe som vi mener kan ha stor betydning i seg selv.

Da renovasjonsbransjen har vært en bransje under sterk utvikling og endring de siste årene, er det også av interessen for bransjen å se på hva som eventuelt kan bli gjeldende i fremtiden. En løsning kan for eksempel være at boenhetene betaler for volumet de leverer inn, i motsetning til i dag hvor det betales faste kommunale avgifter årlig. Dette er alternativer som ROAF selv har kommet frem til i en egen bransjeanalyse.

7.1 Begrensninger

Ettersom renovasjonsløsninger er preget av høy kompleksitet, har det vært krevende å finne frem til helt konkrete data. Dette er noe som gjør at modellene ikke vil være helt eksakte. Rådataene har ikke vært tilstrekkelig i alle beregninger, som har ført til at vi til tider har brukt relevant inputdata fra andre kilder da dette ikke har vært mulig å hente fra ROAF. Vi har også gjort våre egne begrensninger for hva det er vi har fokusert på, noe som vises av hvilke aspekter ved verdikjeden vi har holdt oss til.

Annen faktor det ikke er tatt hensyn til i oppgaven er hvorvidt beboerne selv er innstilt på en endret løsning. Dette med tanke på investeringskostnad og hva det vil innebære med lengre distanse for å tømme avfall. Samtidig sees det en mulig besparelse i å anvende nedgravde løsninger, men hvorvidt disse besparelsene kommer beboerne til gode er vanskelig for oss og si noe om, men kan bli et insentiv.

Litteraturliste

Askheim, A. G. O. & Grenness, T. (2008). Kvalitative metoder for markedsføring og organisasjonsfag. Oslo: Universitetsforlaget

Bassi, A.S., Christensen T.H. & Damgaard, A. (2017) Environmental performance of household waste management in Europe - An example of 7 countries. *Waste Management*, 69, 545-557.

Benfield, J. A., G. A. Nurse, R. Jakubowski, A. W. Gibson, B. D. Taff, P. Newman & P. A. Bell (2014) Testing Noise in the Field: A Brief Measure of Individual Noise Sensitivity. *Environment and Behavior*, 46, 353-372.

Bø, E. & J. Baxter (2017) The effects of geographical, operational and service parameters on WEEE transport networks. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 20, 342-358.

Bø, E., B. Flygansvær & S. E. Grønland. 2001-2012. Miljøvennlig innsamling av avfall - en studie av nye renovasjonstekniske løsninger. In *SITMA rapport*, eds. Flygansvær & Bente, 63. <https://docplayer.me>: Asbjørg Dahlen.

Bø, E., & Hammervoll, T. (2010) Cost-based pricing of transportation services in a wholesaler-carrier relationship: an MS Excel spreadsheet decision tool. *International Journal of Logistics: Research and applications*. 197-210

Bø, E. & Grønland, E. S. (2014). *Moderne Transportlogistikk*. Bergen: Fagbokforlaget

Fjellanger, G. (1998) *Kommunens myndighet og plikter etter forurensningsloven* <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/t-598-kommunens-myndighet/id108212/>

Larsen, A. W., M. Vrgoc & H. Christensen (2009) Diesel consumption in waste collection and transport and its environmental significance. *Waste management & research*, 27, 652.

Lin, C., K. L. Choy, G. T. S. Ho, S. H. Chung & H. Y. Lam (2014) Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and future trends. *Expert Systems With Applications*, 41, 1118-1138.

Logistikk og ledelse (2017) *Lastebil og miljø – gamle sannheter står for fall* <http://www.tungt.no/logistikk/lastebil-og-miljo--gamle-sannheter-star-for-fall-2009321>

Lovdata.no Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven) (2000) *Kap. 9. Gjennomføring av loven og vedtak i medhold av loven. Vederlag og betaling for tiltak mot forurensning.* https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6/KAPITTEL_9#KAPITTEL_9 Hentet 27 februar 2019

Miljødirektoratet *Bruk av biodrivstoff fortsetter å øke* (2018) <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2018/mai-2018/bruk-av-biodrivstoff-fortsetter-a-oke/>

- Miljøstatus.no Miljøinformasjon fra offentlige myndigheter (2018) *Klimagassutslipp fra transport* <https://www.miljostatus.no/tema/klima/norske-klimagassutslipp/utslipp-av-klimagasser-fra-transport/> Hentet: 6 Feb. 2019
- Miljøstatus.no Miljøinformasjon fra offentlige myndigheter *Avfallshåndtering* (2019) <https://www.miljostatus.no/tema/avfall/avfall-og-gjenvinning/> Hentet 8 Mars 2019
- Nedgravde.no <https://nedgravde.no/> Hentet 10 Mars 2019
- Nguyen, T. T. T. & B. G. Wilson (2010) Fuel consumption estimation for kerbside municipal solid waste (MSW) collection activities. *Waste Management & Research*, 28, 289-297.
- Romerike Avfallsforedling IKS <https://www.roaf.no/om-roaf/> Hentet: 18 Jan. 2019
- Saran, S. Karti, N. Singh, P.K. & Sandeep: («u.å.») *Kamdhenu Bio-CNG Pvt.Ltd.*
- Skedsmo kommune (2019) *Søppel og avfall* <https://www.skedsmo.kommune.no/teknisk-sektor/soppel/avfallshandtering/> Hentet 8 Mars 2019
- Statistisk sentralbyrå (2018) *Avfall frå hushalda* <https://www.ssb.no/avfkomm> Hentet 1 mars 2019
- Statistisk sentralbyrå (2017) *Snart i mål med transportmålet for 2020* <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/snart-i-mal-med-transportmalet-for-2020> Hentet 10 Mars 2019
- Statistisk sentralbyrå kommunefakta *Skedsmo* 1 kvartal 2019 <https://www.ssb.no/kommunefakta/skedsmo> Hentet 31 mai 2019
- Store norske leksikon *Metode* <https://snl.no/metode> Hentet: 2 Mai 2019
- Tanskanen, J.-H. & J. Kaila (2001) Comparison of methods used in the collection of source-separated household waste. *Waste Management & Research*, 19, 486-497.
- TEMPO Transport og miljø *Fossile drivstoff* <http://www.transportmiljo.no/tema/drivstoff/fossile-drivstoff/> Hentet 8 Mars 2019
- Traffic & Public Transport Authority, (2000). Technology and biogas use in Sweden, November 2000, City of Gothenburg, Sweden
- Tømming av Molok avfallsbrønner https://www.youtube.com/watch?v=-4_vcM5G9Nc Hentet 22 februar 2019
- Wu, H. & Dunn, C. S. (1995). Environmentally responsible logistics systems. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 25(2),
- Yu, H. & W. Solvang (2015) ROUTE PLANNING OF MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT: A METHODOLOGY AND LITERATURE REVIEW. *International Journal of Energy, Environment and Economics*, 23, 1-22.