Handelshøyskolen BI - campus Bergen

# BTH 17041

## Bacheloroppgave - Logistikkledelse / Supply Chain Management

Bacheloroppgave

Bacheloroppgave ved Handelshøyskolen BI - Logistikkledelse/Supply Chain Management


| | |
|---|---|
| Navn: | Sondre Hov Naavik, Benjamin G. Fyllingen |


| | |
|---|---|
| Utlevering: | 08.01.2018 09.00 |
| Innlevering: | 04.06.2018 12.00 |

# Bacheloroppgave ved Handelshøyskolen BI

**Logistikkledelse/ Supply Chain Management**

«Hvordan vil introduksjon av en ny fraksjon med (glass/metall) påvirke transportkostnadene og miljøeffekten i en gitt renovasjonsløsning»

Fordypning i Logistikkledelse/ Supply Chain Management

Utleveringsdato:
08.01.2018

Innleveringsdato:
04.06.2018

# Innholdsfortegnelse

**Forord** ..... **v**

**Sammendrag** ..... **vi**

**Kapittel 1 Innledning** ..... **1**

*1.0 Bakgrunn for oppgave* ..... *1*

**1.1 Miljø i avfallshåndtering** ..... 1

**1.2 Økonomi i avfallshåndtering** ..... 1

**1.3 Økonomi og miljø** ..... 2

**1.4 Formål med oppgave** ..... 2

**Kapittel 2 Presentasjon av bedrift** ..... **3**

*2.0 Innherred Renovasjon IKS* ..... *3*

*2.1 Utfordringer som virksomheten står ovenfor* ..... *3*

*2.2 Problemstilling* ..... *3*

*2.3 Avgrensing i oppgaven* ..... *4*

**Kapittel 3 Litteratur og teoretisk rammeverk** ..... **5**

*3.0 Litteratur* ..... *5*

*3.0.1 LCA – Metodikk* ..... *5*

*3.0.2 Begrensinger ved LCA-metodikk* ..... *6*

**3.1 Miljøperspektiv i avfallsinnsamling** ..... 6

*3.1.1 Innsamlingssystemer for husholdningsavfall* ..... *6*

*3.1.2 Miljøpåvirkning i en forsyningskjede* ..... *7*

*3.1.3 Avfallshierarkiet* ..... *7*

*3.1.4 Kildesortering* ..... *8*

*3.1.5 Produksjon av jomfruelig materiale* ..... *8*

*3.1.6 Miljøpåvirkning fra avfallsbehandling av glass* ..... *9*

*3.1.7 Miljøpåvirkning fra avfallsbehandling av metall* ..... *9*

*3.1.8 Miljøpåvirkning fra avfallsbehandling av restavfall* ..... *10*

*3.2 Renovasjonstransport* ..... *10*

*3.2.1 Transportens påvirkning på miljøet* ..... *11*

*3.2.2 Drivstofforbruk i transport* ..... *11*

*3.2.3 Kammerløsninger i kjøretøy* ..... *12*

*3.2.4 Effektivitet innenfor kammerløsninger:* ..... *13*

*3.2.5 Transportkostnad* ..... *14*

**3.2.6 Prismodeller i transporten** ..... 14

**Kapittel 4 Metode** ..... **15**

*4.0.1 Forskningsdesign* ..... *15*

*4.0.2 Kausalt design* ..... *15*

*4.1.0 Forskningsmodell* ..... *15*

*4.1.1 Kundeservice* ..... *16*

*4.1.2 Transportkostnader* ..... *16*

*4.1.3 Miljøutslipp* ..... *16*

*4.1.4 Konsekvenser for kunden* ..... *16*

*4.2.0 Datainnsamling* ..... *17*

*4.2.1 Primærdata* ..... *17*

**4.2.2 Sekundærdata** ..... 18

**4.2.3 Sorteringen** ..... 18

**4.3 Reliabilitet og validitet** ..... 19

*4.3.1 Validitet knyttet til utregningene* ..... *20*

*4.4 Personvernombudet* ..... *20*

**Kapittel 5 Situasjonsanalyse** ..... **21**

*5.1 Situasjonsbeskrivelse* ..... *21*

*5.1.1 Kammerløsninger* ..... *21*

*5.1.2 Avfallsdunker* ..... *21*

*5.2 Bringeordning og henteordning* ..... *22*

*5.2.1 Innsamlingsgrad ved hente- og bringeordning* ..... *23*

*Tabell 1: Sortering* ..... *23*

*Tabell 2: Bespart $CO_2$ utslipp ved materialgjenvinning ved henteordning* ..... *23*

*5.3 Modell for analyser* ..... *24*

*Tabell 3: Forutsetninger til modell* ..... *24*

*Tabell 4: Tid og dieselbruk på sentrumsrute* ..... *26*

*Tabell 5: $CO_2$ Belastning fra en sentrumstur gj. snitt. antall beholdere:* ..... *26*

*Tabell 6: Tid og dieselbruk på sentrumsrute* ..... *27*

*Tabell 7: $CO_2$ Belastning fra en perifer tur gjennom antall beholdere* ..... *27*

**Kapittel 6 Resultat/Analyse** ..... **28**

*6.1 Løsningene* ..... *28*

*Tabell 8: Substitusjonsruter* ..... *29*

*Tabell 9: Kammerutnyttelse* ..... *31*

*6.2 Resultater* ..... *32*

*Tabell 10: Kostnad og $CO_2$ for de ulike løsningene Sentral rute* ..... *33*

*Tabell 11: Kostnad og $CO_2$ for de ulike løsningene perifer rute* ..... *33*

*Tabell 12: Tonnkostnader ved sentrumsrute v/gitt utnyttelsesgrad:* ..... *34*

*Tabell 13: Tonnkostnader ved perifer rute v/gitt utnyttelsesgrad:* ..... *34*

*6.3 De ulike rutene* ..... *34*

*Tabell 14: Oppsummert for de ulike løsningene* ..... *36*

*6.4 Kundekonsekvens* ..... *38*

6.4.1 Estetikk ..... 38

6.4.2 Økonomi ..... 38

*6.5 Modell for nasjonal beregning* ..... *38*

**Kapittel 7 Konklusjon** ..... **40**

*7.1 Miljø* ..... *40*

*7.2 Økonomi* ..... *41*

**Referanseliste:** ..... **43**

**Vedlegg 1: Excellark Prøverute henteordning fra IR** ..... **46**

**Vedlegg 2: HIM** ..... **49**

**Vedlegg 3: Transportkostnader** ..... **51**

**Vedlegg 4: Standardruten** ..... **57**

**Vedlegg 5: Simuleringer** ..... **60**

**Vedlegg 6: Omregning Volum** ..... **71**

**Vedlegg 7: Oversikt Driftstimer** ..... **76**

**Vedlegg 8: Antall beholdere og lossetid** ..... **82**

**Vedlegg 9: Litteraturmatrise** ..... **84**

**Vedlegg 10 – L8 Resultat** ..... **89**

**Vedlegg 11 – Intervjuguide Avfall Norge** ..... **90**

**Vedlegg 12 – Intervjuguide Østfoldforskning** ..... **92**

**Vedlegg 13 – Transkribering Avfall Norge** ..... **94**

**Vedlegg 14 – Transkribering Østfoldforskning** ..... **103**

# Forord

Denne oppgaven utgjør avslutningen på vår bachelorgrad i Markedsføringsledelse, med fordypning i Logistikkledelse – Supply Chain Management ved Handelshøyskolen BI, våren 2018.

Ved valg av tema og problemstilling ønsket vi å løse et reelt problem, og det har vært spesielt viktig for oss at denne oppgaven kunne være til nytte for virksomhet som ble valgt som utgangspunkt. Grunnet dagens store fokus på miljø fant vi det nærliggende og se på virksomheter som operer innenfor området. Valget falt da på renovasjonsselskapet Innherred Renovasjon IKS.

Oppgavens retning og problemstilling ble delvis bestemt av avdelingsledere hos selskapet, og formet ved hjelp av vår veileder Eirill Bø. Temaet har vist seg å være særdeles interessant, og undertegnede har fått et stort utbytte av arbeidet med problemområdet.

Vi vil benytte anledningen til å takke de som har vært involvert i utformingen av denne bacheloroppgaven. Først vil vi takke vår veileder Eirill Bø for tett samarbeid og konstruktive tilbakemeldinger under arbeidet.

Vi vil også takke de ansvarlige hos Innherred Renovasjon; Bjørn Heggelund, Preben Godø og Kari Lundsvoll for en imøtekommende og begeistrende tilnærming til oppgaven. Til slutt vil vi sende en takk til Avfall Norge, Sirkel Materialgjenvinning, og Østfoldforskning for gode innsikter til oppgaven.

## Sammendrag

*Innherred Renovasjon IKS skal introdusere en femte avfallsfraksjon for glass og metall, som vil føre til en overgang fra dagens bringeordning til en henteordning. Målet er at henteordningen skal øke gjenvinningen av glass og metall. Ledelsen har foreløpig ikke redegjort for hvilke konsekvenser overgangen vil medføre.*

Formålet med oppgaven har vært å undersøke verdikjeden til Innherred Renovasjon med fokus på deres innsamlingssystem. Henteordningen er planlagt å implementeres i løpet av 2018, og det er derfor ønskelig å finne ut hvordan overgangen vil påvirke innsamlingens transportkostnader og miljøeffekt. Analysene er foretatt på to av standardrutene til Innherred Renovasjon, én sentrumsrute og én perifer rute, som begge er representative for de øvrige rutene. **Problemstillingen for denne oppgaven lyder som følger:**

*«Hvordan vil introduksjon av en ny fraksjon med (glass/metall) påvirke transportkostnadene og miljøeffekten i en gitt renovasjonsløsning»*

**I kapittel 1 og 2** innledes det først kort om selskapet og dets situasjon, oppgavens begrensninger, og bakgrunn for oppgaven.

**I kapittel 3** fokuserer oppgaven på miljøaspektet og de transportproblemene som oppstår ved en renovasjonsløsning. Her blir det redegjort for de ulike faktorene som påvirker $CO_2$ utslippet og transportkostnadene. Det blir diskutert de ulike materialbehandlingsmetodene for de ulike fraksjonene glass, metall og restavfall. Videre i oppgaven har det blitt sett på effekten av denne overgangen til en henteordning, og hvilke faktorer som er av størst betydning ved organiseringen av en renovasjonsløsning.

**I kapittel 4** blir det redegjort for datagrunnlaget. Datainnsamlingen har hovedsakelig blitt gjort gjennom dybdeintervjuer med nøkkelpersoner i næringen, tilknyttet organisasjonene Avfall Norge, Sirkel Materialgjenvinning og Østfoldforskning. I tillegg har ulike kommuner som tidligere har gjennomgått samme overgang blitt kontaktet. Det ble satt til side to hele dager med selskapet for å få en dypere forståelse av den daglige driften. Microsoft Excel har blitt benyttet som verktøy for samtlige kalkulasjoner.

**I kapittel 5** beskrives selskapets nåsituasjon, og deres nåværende løsninger rundt innsamling og transport.

**I kapittel 6** blir det skissert ni ulike løsninger som simulerer på ulike hentefrekvenser, distanser og volumfordelinger på avfallsbilene. Vi har hovedsakelig sett på $CO_2$ utslippet, transportkostnadene og de tonnkostnadene som forårsakes av løsningene.

Deretter har vi kort redegjort for hvordan oppgaven kan løftes opp på bransjenivå, ved en kort diskusjon om en generell bransjemodell for innsamlingssystemer til Kommune-Norge.

**I kapittel 7** konkluderes det med løsningen som gir lavest økte kostnader og $CO_2$-utslipp sammenlignet med de andre løsningene. Det blir her tatt hensyn til økningen i inntekter som følge av økt innsamling, og hvilken miljøeffekt denne økte innsamlingen har på miljøet.

**Anbefaling**

Løsningen vi har valgt å anbefale for Innherred Renovasjon er løsning 8 (L8). L8 vil føre til en relativt lav økning i kostnader, og en vesentlig økning i klimagevinst til tross for mertransport som følge av introduksjonen av en ny fraksjon.

**Resultat**

På sentrumsrutene førte L8 til en kostnadsøkning på 169.536,06 kr som er 0,73% over dagens løsning, medberegnet merinntektene fra økning i gjenvinning. Klimagevinsten på 408.097,3 kg $CO_2$ sparte utslipp ved sentrumsruten tilsvarer 225.087 kjørte km. med bilen som benyttes på ruten.

Tilsvarende for perifere ruter var kostnadsøkningen på 106.242,06 kr som er en stigning på 0,55% sammenlignet med dagens løsning, medberegnet merinntektene fra økning i gjenvinning. I dette tilfellet var klimagevinsten på 397.152,3 kg $CO_2$, sparte utslipp som tilsvarer 205.626 kjørte km. med bilen som benyttes på ruten (vedlegg, 10).

# Kapittel 1 Innledning

## *1.0 Bakgrunn for oppgave*

### *1.1 Miljø i avfallshåndtering*

Avfall kan ved riktig håndtering sees på som en ressurs som kan benyttes til råstoff for å lage både nye produkter og tjenester. Ombruk og materialgjenvinning kan gi en miljøgevinst ved at man slipper å produsere nytt jomfruelig materiale. Likevel er det ønskelig fra et overordnet miljøperspektiv å forhindre at minst mulig avfall oppstår. Ved å redusere mengde avfall vil en ikke bare slippe å produsere nytt materiale, men også unngå å bruke ressurser på avfallshåndtering slik som transport og gjenvinningsbehandling.

EU-kommisjonen lanserte i 2014 et forslag om 70% materialgjenvinning av husholdningsavfall innen 2030. Ifølge en rapport fra Mepex Consult vil det med dagens forhold potensielt kun være mulig å gjenvinne 54% av husholdningsavfallet i 2030 (Syversen, 2015). Det er derfor store forbedringsmuligheter innen avfallshåndteringen i Norge både av hensyn til logistikk, økonomi og miljø.

Husholdningene står for 20 % av det avfallet som produseres i Norge, med 433 kg avfall pr innbygger årlig (Bransjeanalyse, 2017, AN)**.** Husholdningene kan derfor bidra mye for å redusere avfall, og øke kildesortering. Med ambisiøse mål for å øke gjenvinning ser man behovet for å øke kildesorteringen også hos husholdningene.

### *1.2 Økonomi i avfallshåndtering*

Avfallsbransjen omsatte i 2016 for 22,3 milliarder kroner (Bransjeanalyse, 2017, AN). Selv om avfallshåndtering kan være en lukrativ næring med potensiell høy inntjening, er bransjen under stort prispress da alt er anbudsbelagt. I lys av konkursrammede RenoNorden og Veirono som nylig fikk konsekvenser for over 150 kommuner, viser det viktigheten av bærekraftige renovasjonsløsninger, som ikke bare tar hensyn til miljø men også er kostnadseffektive (Hovland, 2017).

### *1.3 Økonomi og miljø*

En god miljøpolitikk kan også være sammenfallende med god økonomisk politikk, virksomheter kan oppnå flere fordeler gjennom å redusere miljøbelastningen. Miljøstyringssystemer som har fokus på å redusere bruk av energi og miljøbelastning kan også redusere kostnader. Et godt eksempel er å effektivisere transporten, en effektiv transport gir både reduserte kostnader og mindre miljøbelastning.

### *1.4 Formål med oppgave*

I denne oppgaven har vi tatt utgangspunkt i en reel case fra Innherred Renovasjon, som planlegger å øke servicetilbudet til sine abonnenter ved å innføre en egen avfallsdunk til glass og metall. Hovedformålet med oppgaven er å belyse viktige momenter ved implementeringen av en henteordning for glass og metall. Motivet er å øke innsamling uten at transportbehovet endrer seg i den grad at det vil påvirke kostnader og utslipp nevneverdig.

Oppgaven kan også sees som en kritikk av den skjønnsmessige vurderingen ved ulike renovasjonsløsninger i Norge. På dette grunnlaget har motivet vært å foreslå en generell modell for kommuner for hvordan de kan organisere sitt avfallssystem ved implementering av nye fraksjoner.

Videre vil oppgaven også vurdere effekten, og potensialet som ligger i det resirkulerte og innsamlede avfallet, der 34 % av glasset, og 30 % av metallet ikke blir sortert (Bransjeanalyse, 2017, AN). Derfor er det av stor interesse å øke den resirkulerte andelen av både glass og metall.

# Kapittel 2 Presentasjon av bedrift

### *2.0 Innherred Renovasjon IKS*

Innherred Renovasjon IKS (heretter referert som IR), er et interkommunalt selskap som forvalter eierkommunenes ansvar for husholdningsrenovasjon. Selskapet er deleid av ti ulike kommuner med ulik eierandel spredt rundt i Nord og Sør-Trøndelag med hovedkontoret plassert i Verdal.

IR har stort fokus på å redusere miljøbelastning som oppstår ved avfallsinnsamling, og gi innbyggerne bærekraftige renovasjonsløsninger. Dette skjer gjennom en ansvarsfull miljøpolitikk med strenge miljømål, som nylig ble sertifisert etter ISO 14001 standarden. ISO 14001 brukes for å regulere virksomhetens innvirkning på ytre miljø, en sertifisering innebærer at man er godkjent opp mot en internasjonal standard for god miljøledelse (Standard, 2018).

Likevel er det flere miljøpåvirkningskategorier IR ønsker å forbedre, ledelsen oppgir blant annet at de ønsker økt resirkulering i avfallet, samt å gjøre innsamlingstransporten mer miljøvennlig.

### *2.1 Utfordringer som virksomheten står ovenfor*

Med utgangspunkt i en simulering fra Stjørdal hvor glass og metall ble behandlet som en egen fraksjon, ønsker IR nå å tilby sine abonnenter egen dunk for glass og metall. Utfordringen blir å implementere denne innsamlingen uten at det påvirker den øvrige innsamlingen for de andre fraksjonene, samtidig som det er ønskelig med både lave transportkostnader og miljøutslipp.

### *2.2 Problemstilling*

*«Hvordan vil introduksjon av en ny fraksjon med (glass/metall) påvirke transportkostnadene og miljøeffekten i en gitt renovasjonsløsning»*

### *2.3 Avgrensing i oppgaven*

Selv om oppgaven er forankret i bedriften sin transportlogistikk, har vi ikke sett på ruteplanleggingen, men heller kalkulert på transportkostnadene og miljøutslipp knyttet til ulike scenarioer med ulik tømmefrekvens av de ulike dunkene.

IR har tidligere gått fra en 1-kammer til en 2-kammerløsning i innsamlingsbilene, og vurderer nå å starte med 3-kammer løsninger for å gi rom til den nye fraksjonen med glass og metall. Alternativt må IR benytte seg av eksisterende bil som kjører en separat innsamling for glass og metall. I den sammenheng er det behov for vurdering av hvordan den nye fraksjonen vil påvirke kostnader og miljøutslipp, enten ved separat innsamling, alternative varianter, eller med en 3-kammerløsning.

Vi har deretter valgt å sammenligne denne løsningen med nåværende løsning av "glass og metall-igloer", som er plassert rundt omkring i kommunene. Sammenligningen er snever ettersom innsamlingen av igloer blir outsourcet til et eksternt selskap, og det var utfordrende å innhente valide tall på dette.

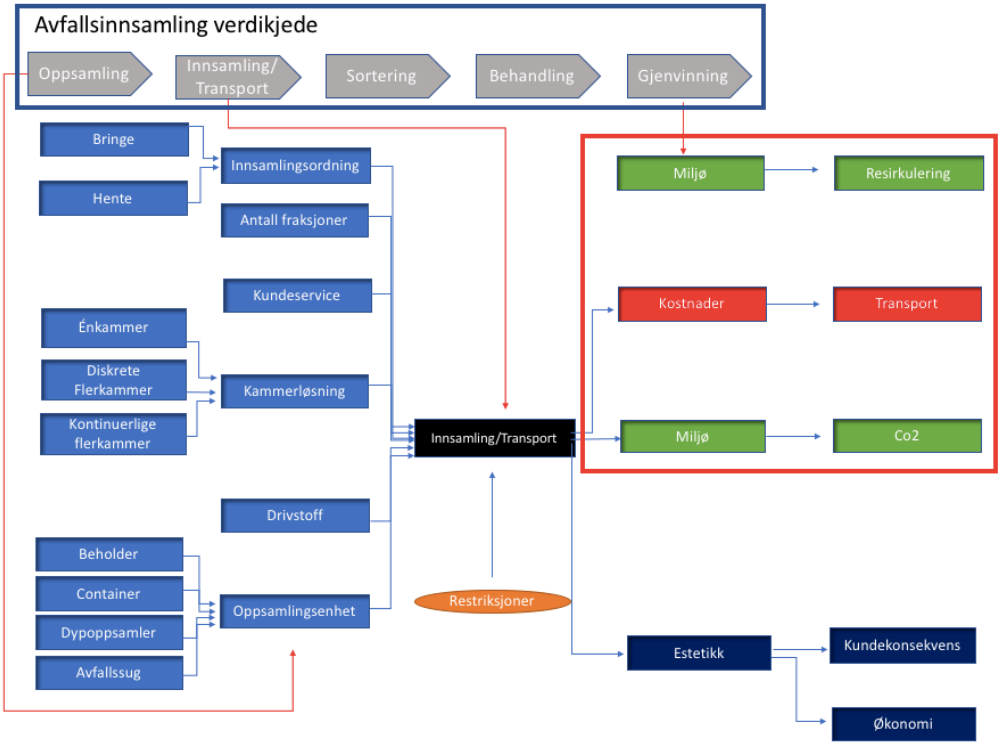
Avslutningsvis har vi forsøkt å løfte modellen som ble benyttet på IR, opp på bransjenivå. Denne generelle modellen er ikke ment som en fasit for en forbedret løsning, men heller et grunnlag for ulike kommuner som vurderer å endre sitt innsamlingssystem ved; enten en økning i fraksjoner, eller; en endring i kammerløsningen.

Antall faktorer som spiller inn og varierer ved organiseringen av et innsamlingssystem hos de ulike kommunene er mange. Fremgangsmåten vil derfor ikke garanterer reduserte kostnader og miljøutslipp, men heller lage en oversikt over de ulike hensynene som kommunene på tilpasser sine individuelle behov og restriksjoner.

# Kapittel 3 Litteratur og teoretisk rammeverk

I dette kapittelet vil vi presentere litteratur som vi har benyttet i denne oppgaven, vi startet med å lage en oversiktsmodell for vårt undersøkelsesområde (figur 1). Dette for å komme frem til teori som kunne anvendes for å løse problemstillingen. Hele det teoretiske rammeverket har enten blitt anbefalt eller godkjent av veileder, forskere ved Avfall Norge og Østfoldforskning. I vedlegg 9 ligger alt av benyttet teori oppsatt i en litteraturmatrise.

## *3.0 Litteratur*




*Figur 1: Laget i samarbeid med IR, Avfall Norge og Østfoldforskning, tilpasset fra og basert på LCA metodikk (Sonneson, 2000), og (Bø et al., 2012). Hovedområde for undersøkelse er merket med rødt.*

### *3.0.1 LCA – Metodikk*

Selv om det i denne oppgaven legges vekt på innsamling og oppsamling, ettersom det er etter her det kommunale mandatet vanligvis opphører. Vil det likevel være essensielt å se hvilke ringvirkninger innsamlingsløsningen får på hele miljøet, for å kunne ta en helhetsvurdering på hvilken løsning som gir de laveste kostnader og miljøbelastning.

For å kvantisere klimagassutslipp og måle miljøeffekten ved introduksjon av en ny fraksjon har vi sett det som hensiktsmessig å benytte LCA-metodikk, etter

anbefaling fra både Østfoldforskning og Avfall Norge. Metoden er en utbredt holistisk tilnærming for å evaluere miljøbelastning ved ulike systemer (Raadal, Modahl, Lyng, 209, s.180). Av hensyn til avgrensing i oppgaven, har det blitt benyttet resultat av netto klimagassutslipp fra livsløpsanalyser foretatt av Østfoldforskning i samarbeid med Avfall Norge.

I tillegg til å ta høyde for effekten av materialgjenvinning av glass og metall, er det også blitt foretatt økonomiske beregninger i transporten for å se hvor realistisk miljøforslagene er. Disse kostnadene som oppstår ved mertransport veies opp mot klimagevinsten ved økt materialgjenvinning, gjennom å behandle glass og metall som en egen fraksjon.

### *3.0.2 Begrensinger ved LCA-metodikk*

Livsløpsanalysen som ligger i grunn for utregningene begrenser seg kun til miljøpåvirkning av klimagassutslipp. Det finnes også miljøforurensing som oppstår i verdikjeden som ikke fanges opp av livsløpsanalysen. Et eksempel på dette er lokale utslipp som $NO_x$. I denne oppgaven har vi begrenset oss til og bare se på nettoklimagassutslipp fra livsløpsanalysene ved gjenvinning, i tillegg til selv å gjøre $CO_2$-beregninger i transporten.

## *3.1 Miljøperspektiv i avfallsinnsamling*

### *3.1.1 Innsamlingssystemer for husholdningsavfall*

Innsamlingssystemet består av de ulike aktivitetskoblingene som danner avfallsleveransen. Som regel vil den bestå av: oppsamling, innsamling/transport, behandling og gjenvinning. Oppsamlingen består i å sanke avfallet i containere, innsamlingen inngår hvilken metode og type kjøretøy som håndterer transporten. Sortering handler om å separere ulike avfallsstrømmer, i behandlingen gjøres avfallet til råvarer, og i gjenvinningen avsluttes verdikjeden med å produsere nye produkter (Bø, Flygansvær & Grønland, 2012, s. 13).

En sentral avveining er om systemet skal ha en bringeordning hvor abonnentene frakter avfallet selv til et sentralt punkt, eller om man skal benytte seg av en henteordning hvor avfallet blir hentet hos avfallsbesitter. Potensialet for økt gjenvinning er et argument for å benytte seg av henteordninger med adskilte

fraksjoner, flere kommuner som har skiftet til henteordninger på glass og metall har klart å øke innsamlingen betraktelig (Syversen, 2015).

### *3.1.2 Miljøpåvirkning i en forsyningskjede*

Miljøbelastningen i en forsyningskjede oppstår ved alle trinn, men det er spesielt ved bakoverlogistikk at man synliggjør prinsippene for å minske forurensing. Prinsippene har som formål å redusere mengden avfall ved ulike metoder. Disse er; reduksjon, ombruk, resirkulering (Wu & Dunn, 1995, s. 34). De ulike prinsippene kan videreføres til avfallshierarkiet, som har lik tilnærming for å redusere avfall ved avfallshåndtering.

### *3.1.3 Avfallshierarkiet*

Istedenfor å se på avfall som en homogen masse, kategoriserer avfallshierarkiet ulike strategier for håndtering av avfall. I utgangspunktet streber modellen mot reduksjon fremfor reaktive løsninger på problemet. Som et overordnet mål ønsker man å flytte avfall oppover i hierarkiet ved å redusere mengden med avfall, deretter å stimulere til ombruk, for så å gjenvinne og endelig energiutnytting. Dersom det ikke lar seg gjøre å utnytte avfallet ønsker man å deponere materialet på en forsvarlig måte.

| **Mål** |
|---|
| Reduksjon |
| Ombruk |
| **Gjenvinning** |
| Energiutnyttelse |
| Deponering |

*Figur 2: Avfallshierarkiet*

Fra et miljøperspektiv er essensen av disse tilnærmingene å forebygge konsekvensene av avfall og utslipp som oppstår nedover i livsløpet (Van Ewijk Stegemann, s. 124). Flere studier har imidlertid påpekt at modellen er for generell, at den ikke tar hensyn til individuelle forhold, og foreslår at rangeringen bør ta hensyn til ulike systemtyper og avfallstyper (Goddard, 1995), (Brisson, 1997).

I denne oppgaven er det de tre nederste metodene i avfallshierarkiet som er relevante for vårt undersøkelsesområde ettersom avfallet allerede har oppstått, henholdsvis gjenvinning, behandling og deponering for fraksjonen «glass og metall».

### *3.1.4 Kildesortering*

Tilbudet man har til kildesortering i kommunene vil ha en effekt på både transportkostnadene, drivstoffutslippet og mengde innsamlet avfall. Kildesortering vil øke antall fraksjoner som må hentes separat, dette vil føre til at mengden avfall pr. stopp vil gå ned, sammenlignet med en løsning hvor man henter inn alt som restavfall. Hvis mengden avfall som blir hentet inn reduseres, vil da hentetidene pr. tonn avfall øke. Mengden avfall innhentet påvirker dermed effektiviteten i innsamlingen (Tanskanen & Kaila, 2001). Separate fraksjoner vil også føre til at man har behov for flere beholdere hos abonnentene, flere beholdere øker stopptiden som gjør at innsamlingsarbeidet og transporten vil ta lengre tid (Avfall Norge, 4/2015, s. 6).

Denne økningen i transport må vurderes opp mot gevinsten med å flytte avfallet oppover i hierarkiet, og de potensielle sparte utslippene man forhindrer ved økt kildesortering. Klimagassutslipp som blir brukt i innsamling og transport må derfor veies opp mot den eventuelle besparelsen i materialgjenvinning (Larsen, Vrcog & Christensen, 2009, s. 658).

### *3.1.5 Produksjon av jomfruelig materiale*

Produksjon av glass og metall er svært energikrevende, bruker mye naturressurser og medfører store miljøutslipp. Til gjengjeld er det ingen begrensing for hvor ofte man kan gjenbruke materialene. I en telefonsamtale med Sirkel Materialgjenvinning 11.april 2018 oppga de at 75% av aluminium fra 1886 er fortsatt i bruk og 90% av produsert glass kan gjenvinnes. Å øke returgrad på glass og metall er derfor ønskelig av hensyn til både miljø og kostnader.

Under optimale forutsetninger har glass potensielt 85% gjenvinningsgrad, mens for metall er det mulig å utsortere 95% av alt avfall i norske husholdninger (Avfall Norge, 4/2015, s. 26). Tall fra Østfoldforskning, og dybdeintervju fra samme organisasjon, viser at av de ulike behandlingsmetodene er det gjenvinning som kommer best ut ved nettoberegning av klimagassutslipp for glass og metall (Raadal, Modahl & yng, 2009). Forskningen er forankret i internasjonal litteratur som konkluderer med det samme (WRAP, 2006). Påstanden om at gjenvinning er det beste alternativet bekreftes også gjennom dybdeintervju med Avfall Norge.

### *3.1.6 Miljøpåvirkning fra avfallsbehandling av glass*

Besparelsen ved materialgjenvinning ved glass er knapp i forhold til deponi og energiutnyttelse grunnet den høye $CO_2$ belastningen under gjenvinningsbehandling, og lengre transportavstander til gjenvinningsanlegg. Den eksakte besparelsen er vanskelig å måle i Norge ettersom det ikke finnes god nok litteratur beskrivende for norske forhold.

«Closed loop recycling» hvor glassemballasje inngår som råstoff til nytt glass har vesentlig lavere klimabelastning enn «Open loop recycling» hvor råstoffet blir benyttet til å lage andre produkter (Raadalm, Et al, 2009, s. 90-93). I Norge er den sistnevnte formen standarden for resirkulering av glass, hvor glasset inngår som råstoff til produksjon av glassisopor er det vanligste (Sirkel, 2018).

Likevel kan det i bakgrunn av tilgjengelig litteratur konkluderes med at materialgjenvinning er det beste alternativet som medfører et utslipp på 0,02 kg $CO_2$-per kg glassemballasje. Dette konvergerer også med hensyn til grunnleggende miljøprinsipper ved å flytte avfall oppover i hierarkiet (Raadalm et al., 2009, s. 92), (Larsen et al., 2009, s. 754).

En viktig forutsetning i gjenvinningsprosessen er kvaliteten på avfallet som kommer inn, hvor mindre knust materiale er å foretrekke. Ifølge internasjonal litteratur blir 4-7% av glass avvist av ulike årsaker på gjenvinningsstasjonen (Larsen et al., 2009, s. 757). Sirkel Materialgjenvinning mener at henteordninger kan øke kvaliteten på innsamlet materiale og dermed også redusere mengden av glass som blir avvist.

### *3.1.7 Miljøpåvirkning fra avfallsbehandling av metall*

Av de ulike behandlingsmåtene er det også høyere klimagassutslipp for materialgjenvinning av metall, her også grunnet lengre transportavstander og en mer omfattende behandlingsprosess.

På tross av høyere klimabelastning i transport og avfallsbehandling ved gjenvinning er den sparte netto klimagevinsten betydelig høyere. Produksjonen av metall krever såpass mye energi, at hvis man får gjenvunnet materiale sparer man

erstattet materiale og energi ved produksjon av jomfruelig materiale. Nettoklimagevinsten på gjenvinning av metallemballasje ligger på 2,5 kg $CO_2$-ekvilanter per kg resirkulert materiale (Raadalm et al., 2009, s. 98).

### *3.1.8 Miljøpåvirkning fra avfallsbehandling av restavfall*

Glass og metall som ikke blir utsortert av avfallsbesitter havner naturligvis i restavfallet, deretter er det avhengig av sorteringsanlegget om det blir ettersortert. Materiale som havner i restavfall kan vanligvis ikke gjenvinnes, og det beste alternativet er derfor energiutnytting som erstatter olje eller elektrisitet som medfører sparte klimagassutslipp på ca. 0,1 kg $CO_2$ -ekvivalenter per kg (Raadalm, et al, 2009, s. 139).

Det er store forskjeller i sammensetningen av restavfall mellom de ulike kommuner, dette skyldes hovedsakelig hvilke ulike fraksjoner, tømmehyppighet etc. som den individuelle kommune operer med.

Klimagassutslipp fra behandling av restavfall vil naturligvis variere med denne avfallssammensetningen, da ulike avfallstyper har ulikt utslippsnivå. På landsbasis består restavfallet i gjennomsnitt av henholdsvis 4% metall, og 2% glass (Raadalm, et al, 2009, s. 92, 142, 191).

Selv om glass og metall har forholdvis lave klimagassutslipp sammenlignet med de andre avfallsstrømmene under behandling av restavfall, vil man med en utsortering potensielt kunne redusere den totale avfallsmengden gjennom resirkulering.

## *3.2 Renovasjonstransport*

Da det finnes ulike definisjoner på transport i avfallshåndtering, sees det på som gunstig for oppgavens skyld å skille mellom transport under innsamling og generell transport. Innsamlingstransport som er fokus i denne oppgaven begrenser vi til kjøring fra første til siste stopp i innsamlingsrute, mens øvrig kjøring faller under transportbegrepet (Larsen et al., 2009, s. 653).

### *3.2.1 Transportens påvirkning på miljøet*

Transportens påvirkning på miljøet kan komme fra utbyggingen av transportnett, selve driften av kjøretøy, og anvendelse av kjøretøy (Wu & Dunn, 1995, s. 32). Ved driften av kjøretøyet er drivstoff hovedkilden til miljøforurensing, i tillegg vil fart, lastevekt og distanse være faktorer som påvirker drivstofforbruket (Lin, Choy, Ho, Chung & Lam, 2014, s. 1128). Følgelig vil de viktigste aspektene når man skal se på kostnadene og miljøutslipp til innsamlingsprosessen være transport og innsamling, dette fordi prosessen er veldig arbeidsintensiv og krever en stor utnyttelse av kjøretøy (Amponsah & Salhi, 2004).

Miljøproblemer knyttet til avfallshåndtering *utover* drivstofforbruk kan relateres til slitasje på kjøretøy som bremseklosser og dekk, oljeutslipp, vedlikehold av biler og søppelbøtter, samt en rekke andre faktorer forbundet med livsløpet til utstyr brukt til renovasjonsprosessen.

Det finnes ulike tiltak man kan gjøre for å redusere transportens påvirkning på omgivelsene, disse søker hovedsakelig mot ulike metoder for å effektivisere transporten. Slik som å redusere bruken av kjøretøy, benytte alternativ drivstoff, eller å redusere antall turer ved å ha en effektiv ruteplanlegging samt å øke utnyttelsesgrad i transport.

### *3.2.2 Drivstofforbruk i transport*

Bruk av diesel er den største kilden til klimagassutslipp i avfallsinnsamling, drivstofforbruket påvirkes i hovedsak av mengde avfall innsamlet pr. stopp og type oppsamlingsenhet (Larsen et al., 2009, s. 654). Drivstofforbruket er sammensatt i forhold til distanse kjørt, dette inkluderer trafikkstopp etc., og forbruket relatert til tømming av oppsamlingsenheter (Sonesson, 2000, s. 115-119).

Videre i denne oppgaven vil dieselforbruket bli regnet på i forhold til pr. tonn avfall innsamlet. For å predikere drivstofforbruk har det blitt benyttet ulike parametere, vi har tatt utgangspunkt i en modell for å beregne drivstofforbruk av en SITMA rapport (Bø et al., 2012).

Renovasjonskjøretøy har høyt drivstofforbruk ved tomgang (Gaines, Vyas & Anderson, 2006). I et studium av drivstofforbruk ved innsamling av husholdningsavfall (Nguyen & Wilson, 2010), oppdaget de at i områder med medium og høy befolkningstetthet (dvs. områder med hhv. 25-40 hus pr. km og >40 hus pr km), var drivstofforbruket ved tomgang 11 % av total ved medium tetthet, og 24 % av totalt drivstoff brukt i områder ved høy tetthet. I høy tetthetsområder representerer disse 24% litt mer enn halvparten av drivstoffet som ble brukt ved selve kjøringen (46%). Siden man forbruker mye drivstoff ved *tomgang* på kjøreruter, vil det være gunstig å redusere denne tomgangen. To foreslåtte metoder er:

- Bilene må følge optimale kalkulerte ruter
- Redusere tid brukt på å laste avfallet.

Reduksjonen av lastetid kan gjøres ved å ansette flere personer pr bil, men med tanke på lønnskostnader må dette sees i forhold til besparelsen på drivstoffkostnader.

En annen måte å redusere lastetid kan gjøres ved å implementere automatiserte mekaniske avfallsbiler. Det er påstått at dette kan redusere drivstoffkostnaden, og samtidig servere 200% flere husholdninger pr. bil med én godt trent arbeider. En slik implementering vil kreve høye kapitalinvesteringer og vedlikeholdskostnader (Nguyen & Wilson, 2010).

### *3.2.3 Kammerløsninger i kjøretøy*

Innsamling av avfall er en komplisert prosess som må ta hensyn til en god del variabler; antall biler tilgjengelig, antall husstander, hentefrekvenser, avstander mellom husstandene, typer oppsamlingsenhet, typer av avfall, antall kammer, størrelsene på disse og om kamrene er fleksible eller ikke. Disse variablene fører til flere løsninger, og man er opptatt av å finne ut den mest effektive løsningen.

Problemet er interessant og kan sees på som en variant av TSP: Traveling Salesman Problem; en selger skal besøke «n» antall byer bare én gang hver, hvor han skal starte fra en base-by, og ende opp i samme by. Målet er å finne den korteste ruten en selger kan ta når han reiser mellom disse byene. Ved å løse et

slikt problem gjennom simuleringer som gir en optimal rute, har det blitt vist at man kan redusere transportert avstand med opptil 30 % (Das & Bhattacharyya, 2015).

Vanligvis vil man kategorisere et slikt optimaliseringsproblem for det som på engelsk kaller «Multi-compartment vehicle routing problem» (MCVRP). MCVRP kan kort forklares slik: «Du har et visst antall produkter som skal hentes på bestemte lokasjoner med én bil. Forskjellige produkter kan transporteres på samme transport, men produktene kan ikke blandes. Hvordan kan man organisere denne kjøreturen til minimerte kostnader?» (Henke, Speransa & Wäscher, 2015, s. 730). For å løse det at produkter ikke kan mikses har man flerkammerbiler, som kan transportere flere typer gods samtidig, uten å blande de.

Det som må bestemmes er et sett av kjøreturer for bilene, hvilke produkter som skal på hvilke biler, og størrelsene på kamrene slik at avfallstypene kan samles opp, uten at kapasiteten på bilene overstiges. Om kapasiteten på det ene kammeret fylles opp, må bilen tilbake til depot og laste av, den kan ikke kjøre videre å samle avfall til alle kamrene er fylt opp, dette fører til merkjøring, og må tas hensyn til under det overordnete synet av minimerte kostnader (Henke et al., 2015, s. 730).

### *3.2.4 Effektivitet innenfor kammerløsninger:*

Det finnes et skille mellom kontinuerlig fleksible, og diskrete kammer. Kontinuerlig fleksible kammer kan ha ulike kombinasjonsmuligheter med tanke på volumfordelingen av kammer, da kamrene kan endres kontinuerlig. Diskrete fleksible kammer kan også endre volumfordelingen, men veggene som separerer kamrene kan bare settes inn i spesifikke posisjoner, disse får en begrensning når det kommer til fleksibilitet sammenlignet med den kontinuerlige løsningen. I enkelte tilfeller kan man redusere transporttiden med opptil 31 %, ved å benytte seg av en fleksibel kammerløsning (Koch, et al., 2016).

Oppgaven vil bære preg av denne tidligere forskningen, spesielt da med tanke på de ulike funn man har funnet på kamrenes effektivitet. Men oppgavens problemstilling vil variere litt fra det klassiske MCVRP-problemet, grunnet en del forskjellige parametere. Her vil ruteplanleggingen allerede være bestemt, det er

også antatt at etterspørselen (husstandenes avfall) vil være fast og jevnt fordelt. Selv om antall innbyggere på 95 000, er noe høyt, vil det være færre variabler og vurdere, og dermed et noe enklere optimaliseringsproblem enn et klassisk MCVRP.

### *3.2.5 Transportkostnad*

Renovasjonsbransjen er i økende grad konkurranseutsatt, samtidig som innholdet blir mer fragmentert og spesialisert, blir også arbeidsoppgavene fordelt mellom flere aktører (Bø et al., 2012, s. 18.). Det er derfor viktig å ha en konkurransedyktig pris på tjenestene, og god oversikt over transportkostnadene sine gjennom presise transportkalkyler.

### *3.2.6 Prismodeller i transporten*

Dersom det skal beregnes tonnpris på transporten, vil utnyttelsesgraden være én av de største faktorene. Hvor måltallet er: «Utnyttet kapasitet/Fysisk kapasitet». Ved høyere utnyttelsesgrad vil det bli en lavere tonnpris, for å øke utnyttelsesgrad må man ta hensyn både til turen ut, men også returen tilbake.

Et viktig måltall er i den sammenheng **retningsbalansen**, som er et mål på hvor mye gods det er i de ulike retningene (Bø & Grønland, 2014, s. 116). Vanligvis ønsker man 100 % utnyttelsesgrad begge veier, men dette blir noe urealistisk, et noe mer realistisk bilde vil kanskje heller være ca. 80 % ut og ca. 20 % tilbake. I renovasjonsbransjen vil bildet være noe annerledes når man starter turen, hvor man starter ved 0 %, mens utnyttelsesgraden stiger i løpet av turen. Det vil derfor være viktig å ha et rutesystem med frekvenser og kammerfordelinger som muliggjør for en høy utnyttelsesgrad som mulig.

# Kapittel 4 Metode

Metode er en planmessig fremgangsmåte som brukes for å finne den metoden som passer best for å løse spørsmålet "hvordan vi vil gjennomføre vår forskning" (Saunders, Lewis & Thornhill, 2012). Det vil her bli redegjort for valg av design, databehovet, datainnsamlingen, reliabiliteten og validiteten til oppgaven.

### *4.0.1 Forskningsdesign*

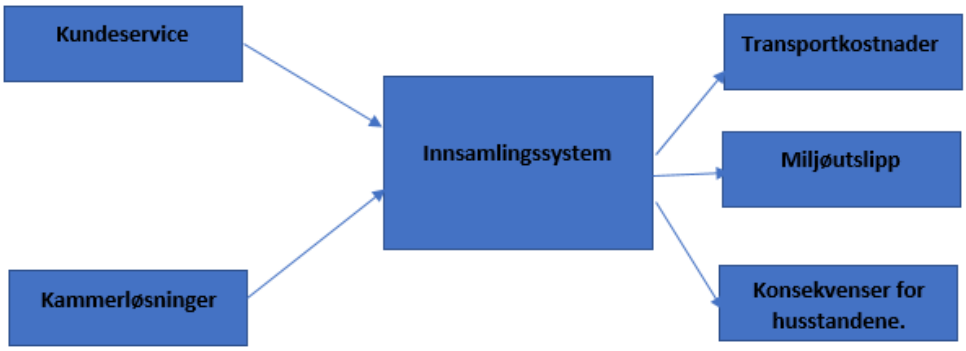
Undersøkelsens design innebærer en beskrivelse av hvordan hele analyseprosessen skal legges opp for at man skal kunne løse den aktuelle oppgaven (Gripsrud, Olsson & Silkoset, 2016, s. 46). Vi skal se på hvilke data vi trenger, hvordan vi kan skaffe disse, og hvordan de skal analyseres. Vanligvis skiller man mellom de tre typene design:

- Eksplorativt (utforskende)
- Deskriptiv (beskrivende)
- Kausalt (årsak-virkning)

### *4.0.2 Kausalt design*

For oppgavens formål er vi interessert i hvordan man kan organisere tømmesystemet til IR hvor vi vil undersøke de frekvensene som gir minimerte transportkostnader pr. tonn innsamlet avfall, og hvilken miljøbelastning disse frekvenser forårsaker. På bakgrunn av dette vil det mest sammenfallende designet være et kausalt design, hvor vi tester sammenhengen mellom ulike variabler.

### *4.1.0 Forskningsmodell*




*Figur 3: Forskningsmodell. Basert på forskningsmodell fra (Bø, Flygansvær & Grønland, 2012, s. 14)*

Innsamlingssystemet har vi definert som: «måten kommunen har organisert sitt system for innhenting av husholdningsavfall, mtp. antall biler brukt, hvilke kammerløsninger som er tatt i bruk, og ulike nivå av kundeservice». De faktorene

som vi vurderer som viktigst for å løse oppgavens problemstilling er kundeservicen, og de ulike kammerløsningene man kan benytte seg av.

#### *4.1.1 Kundeservice*

Vi har valgt å definere kundeservice som de ulike frekvensene hvor en henter de ulike avfallsfraksjonene. Her kan en variere ved f.eks. å hente matavfall og papp og papir hver andre uke, mens restavfall og glass og metall hver tredje uke. Frekvensene er sett på som viktige for systemet da de ulike nivåene for kundeservice er antatt å ha en stor påvirkning på transportkostnadene, og miljøeffekten.

#### *4.1.2 Transportkostnader*

Kostnadene knyttet til transporten. Transporten er definert som transporten fra depotet, til bilen er fylt opp og til den har lastet av avfallet tilbake på depotet. For å ha et tall som kan sammenlignes med andre løsninger, har vi valgt å se på transportkostnader som: "Transportkostnader for hvert tonn innsamlet avfall."

#### *4.1.3 Miljøutslipp*

Her er det hensiktsmessig å se på de ulike miljøutslippene som oppstår ved en ny transportløsning. En økning til en 5. fraksjon vil føre til en mer komplisert logistikkprosess og i utgangspunktet lengre transportavstand, som kan øke utslippet ved innsamlingen.

Det vil bli tatt hensyn til potensialet og effekten som glass og metall har når de har blitt resirkulert, og om en slik løsning faktisk vil øke mengden resirkulert glass og metall.

#### *4.1.4 Konsekvenser for kunden*

Et viktig moment er at abonnentene er fornøyde med løsningen til renovasjonselskapet. Abonnentene blir påført en ekstra belastning både på det økonomiske og det estetiske plan. Det økonomiske hensynet er den ekstra kostnaden som oppstår for kunden ved å introdusere en slik løsning. Det estetiske hensynet er i hvilken grad husstandene kan bli preget av det mindre estetisk tiltrekkende aspektet ved å ha en 5. fraksjon utenfor huset, både mtp. utseendet, men også plass.

### *4.2.0 Datainnsamling*

Databehovet tilknyttet: tidligere avfallsinnhenting for de fire fraksjonene i de ni kommunene hvor IR opererer, kostnader knyttet til transport (faste, variable og lønnskostnader), investeringskostnader til 3-kammer biler, dieselpriser. I tillegg til forskjellige $CO_2$-utslipp for avfallsbilene, effekten/potensialet av gjenvunnet materiale, % av metall og glass som havner i restavfall, o.l.

### *4.2.1 Primærdata*

Primærdataene ble hentet inn ved 3 individuelle dybdeintervjuer av ansatte i Avfall Norge, Sirkel Materialgjenvinning og ved Østfoldforskning. Dybdeintervjuer blir brukt da individenes personlige erfaringer og meninger er av interesse (Gripsrud et al., 2016, s. 49). Vi var også interessert i konsekvenser av tiltak som er gjennomført (Askheim & Grenness, 2008, s. 88).

Første møte var over telefon med Sirkel Materialgjenvinning i Februar, hvor vi ønsket å få et innblikk i fraksjonene restavfall, og glass og metall, samt deres forhold relativt til hverandre.

Andre møte ble gjort med Avfall Norge i mars, hvor vi ønsket mer informasjon på avfallsbransjen samt deres tidligere erfaringer av lignende løsninger, og hvilke utfordringer disse bar på. De kom med nyttige innspill på effekten av resirkulert glass og metall mtp. miljøutslipp, de bidro også med et par rapporter på temaet og var av god hjelp under oppgaveskrivingen.

Tredje intervju ble gjort med Østfoldforskning over telefon. Målet ved Østfoldforskning-intervjuet var sammenfallende med målene for intervju nr. 2. Intervjuet ga oss et innblikk i livsløpet til avfallstypene. De bidro også med gode rapporter og klimaregnskap tidligere utført av Østfoldforskning.

I tillegg til dybdeintervju som hovedkilde til primærdata har vi intervjuet flere nøkkelpersoner i avfallsnæringen, bl.a. hos Sirkel, et nasjonalt gjenvinningsanlegg i Fredrikstad. Vi har vært i kontakt med andre interkommunale renovasjonselskaper som HIM i Rogaland, Movar i Østfold og Vesar i Vestfold, som alle nylig har gått over til henteordninger for glass og metall.

I uke 15 var en av oss og jobbet tett sammen med nøkkelpersonale i IR, dette var for å få en dypere innsikt i tallmateriale og de ulike prosessene i innsamlingssystemet. Det ble foretatt et dykk i deres rapporter og samtaler med ansatte som ga oss nyttig informasjon.

Intervjuguidene benyttet ble sendt ut og testet i forkant, for å sikre at spørsmålene ga svar på det vi trengte svar på. Det ble ikke foretatt transkribering eller opptak av intervju med Sirkel Materialgjenvinning, da kommunikasjonen var sporadisk og fragmentert. Da dette ikke var et dybdeintervju har det heller ikke blitt laget en intervjuguide.

### *4.2.2 Sekundærdata*

Hovedsakelig vil det bli benyttet interne tall og rapporter fra de nyeste årene fra IR sin økonomi og prosjektavdeling. I tillegg vil det suppleres med gode rapporter fra organisasjoner som Avfall Norge, Østfoldforskning og Sirkel Materialgjenvinning, samt forskningsartikler innenfor oppgavens fokusområde. Hovedfokuset har vært og samlet de relevante tallene som bidrar til å svare på vår problemstilling. Dette har vist seg å være til tider utfordrende, da forskjellige kommuner gir forskjellige restriksjoner på de kommunale renovasjonsselskapene, slik at systemene til andre selskaper ikke nødvendigvis stemmer overens med IR sine. Dette gjør det litt vanskelig å sammenligne og generalisere tallene over til IR. Når det er sagt har det blitt gjort en del antakelser om at tall på landsbasis også vil gjelde for IR, som har gjort denne generaliseringen noe enklere.

### *4.2.3 Sorteringen*

Etter alle dataene er innsamlet, ble det foretatt en rensing av de oppsamlede dataene. Eventuelle feilkilder ble fjernet fra innsamlingen, slik at de ikke forstyrret validiteten i oppgaven, eller skapte potensielle upåliteligheter når det kom til kalkuleringen. For eksempel beregnet vi %-andelen av glass og metall som havnet i restavfallsdunken basert på en simulering som IR hadde gjort i en "prøvekommune" på 450 husstander, tallene for simuleringen er lagt ved i vedlegg 1. Her representerte den første innsamlingen i august et lengre tidsintervall, enn de etterfølgende 8 ukers intervallene gjorde. Dermed ble innsamlet andel en god del

større, og vi valgte å fjerne tallet i beregningen av %-andelen, slik at vi ikke fikk en for stor andel glass og metall enn det som i virkeligheten var realiteten.

### *4.3 Reliabilitet og validitet*

Ved reliabilitet ligger fokuset på reproduserbarhet, altså i hvilken grad kan andre, under gjennomføringen av samme sett av data-innsamlingsprosedyrer, oppnå tilsvarende resultat (Askheim & Grenness, 2008, s. 22). Rapporter og tall fra bedriften, antas å være veldig solid, da det ble satt av to fulle arbeidsdager til å diskutere med transportavdelingen for å prøve å forstå sammenhengene i datasett.

Vi vil imidlertid påpeke at det kan ha oppstått misforståelser da vi var i kontakt med intervjuobjektene, noe som kan skade reliabiliteten, men ved slutten av vært intervju ble det gjennomført spørsmål av typen "var det dette du mente?", for å minimere denne risikoen.

Excel ble benyttet mye ved kalkulasjoner gjort i oppgaven. Det har vært mye data og talloverføring, det er derfor mulighet for at data kan gått tapt ved innplottingen, men utregningene ble gjort med forsiktighet for å prøve å minimere dette.

Validitet handler om vi har målt det vi ønsker å måle (Askheim & Grenness, 2008, s. 23). Ved vurderingen av tømmesystemet til IR, var intensjonen å se på tømmefrekvensen og kammerløsningene, og hvilken effekt disse har på kostnadene og miljøutslippet til IR. Gjennom og bare simulere på disse frekvensene, med et fast antall kammer, har vi fått et relativt presist anslag på hvordan disse frekvensene og kammerløsningene påvirker kostnadene til IR.
Det er imidlertid viktig å tilføye at det er en god del utestående faktorer som ikke har blitt tatt hensyn til i like stor grad grunnet oppgavens begrensninger. For eksempel kan det komme restriksjoner/krav på innsamlingen av matavfall, konkurranse fra andre aktører eller kostnadene blir bare påvirket av frekvensene når etterspørselen er innenfor et visst intervall.

Når det kommer til den overordnete bransjemodellen vil denne sies å være tvilsom i sin validitet. Den er satt opp basert på tallene fra IR, og selv om disse tallene er solide, vil det være enda flere utestående faktorer til kommune-Norge, som kan

komme inn å påvirke. Modellen vil altså ikke kunne sies å være 100 % sikker for bruk av andre renovasjonsselskaper i andre kommuner, men modellen tar hensyn og drøfter de faktorene av viktighet for kommunene når de skal velge sin innsamlingsløsning.

### *4.3.1 Validitet knyttet til utregningene*

Tallene vi har brukt i beregningene av turprisen er hovedsakelig intern informasjon fra IR, og disse tallene er av høy sannsynlighet meget valide. Et problem er at en god del størrelser har blitt beregnet ved hjelp av gjennomsnitt. Disse gjennomsnittene har deretter blitt benyttet til å regne ut videre gjennomsnittlige størrelser. I lengden kan dette gi store spredninger i det faktiske datasettet. Fremgangsmåten har blitt valgt da vi har opplevd mangler ved nødvendig informasjon og datamaterialet på enkelte områder er altfor stort.

Utregningen har blitt gjort for å lage to «standardruter», hvor vi tar hensyn til bl.a. snitt L (Liter) avfall pr. innbygger, og snitt avfallsdunker pr. rute. Siden tallene i virkeligheten vil ha en god del spredning, vil dette føre til at utregningene som fungerer i praksis, ikke nødvendigvis vil gå slik i virkeligheten. Det har også vært en del mangler ved informasjon på noen sentrale områder som $CO_2$-utslipp pr. bil, kjørerapporter fra bilene til IR, og antatt lossetid ved en tre-kammer løsning.

Rutene som standardrutene har blitt beregnet fra, representerer 32% av IR sine totale kunder, vi anslår dette til å være en signifikant stor nok størrelse, og følgelig et valid representativ for populasjonen som er IR sine totale kunder.

## *4.4 Personvernombudet*

I begynnelsen av mars søkte vi til personvernombudet om å kunne publisere navn til intervjuobjektene, vi fikk dessverre ikke svar tidsnok og alle navn i denne oppgaven har derfor blitt anonymisert.

# Kapittel 5 Situasjonsanalyse

## *5.1 Situasjonsbeskrivelse*

IR opererer med tre ulike fraksjoner; papp/papir/plast, matavfall og restavfall. Henteordningen er basert på 10 to-kammerbiler som henter i de to regionene "Nord" (de nordlige kommunene) og "Sør" (de sørlige kommunene), i tillegg har de to UWS biler som henter dypcontainere både i byen og i bygd.

### *5.1.1 Kammerløsninger*

Kammerløsningene er definert som de ulike fordelingene man kan sette på diskrete fleksible kammer. Den nåværende løsningen på 2-kammerbilene hvor kamrene er fordelt på 70/30 %, hvor restavfall hentes i 70%. Begrunnelsen er at restavfall er noe mer voluminøst sammenlignet med matavfall, som kan komprimeres i større grad. Dersom det introduseres et 3. kammer blir det flere fordelinger og ta hensyn til. Kammerløsningene er sett på som viktige for systemet grunnet tidligere erfaringer fra bedriften, hvor kostnadene knyttet til innsamlingen ble redusert med 30 % ved introduksjonen av en 2-kammerløsning. Tidligere forskning har også pekt på at flerkammer er mer effektive enn separate løsninger (Muyldermans & Pang, 2010, s. 100-102).

I "Nord" benyttes det to Scania P410-biler som opererer i Levanger og Verdal, og én Volvo Renovasjonsbil som opererer i bygdene. Bilene har et volum på 20 $M^3$ hvor kammerinndelingene på bilene er 70/30. Matavfall blir hentet hver andre uke på kammeret som representerer 30% av volumet, mens restavfall blir hentet på 70%-kammeret. Det tar to uker før matavfallet igjen hentes, men denne gangen hentes papp/papir/plast i 70%-kammeret, hvor plast ettersorteres ved sorteringsanlegget på Mule.

### *5.1.2 Avfallsdunker*

Husholdningene som har plastdunker tilbys fire ulike abonnement. Disse abonnementene er basert på ulike størrelser i restavfallsdunken. Ved større volum på restavfallsdunken (dvs. lavere grad av kildesortering), vil det påføres høyere kostnad på abonnenten, dermed premieres kildesortering.

Avfallsdunkene varierer mellom:

1. Minirest (70 liter)
2. Liten rest (140 liter)
3. Medium rest (240 liter)
4. Stor rest (360 liter)

*Figur 4:Restavfallsdunker til IR*

Dunken som representerer papp/papir fraksjonen, kan variere mellom 240 eller 360 L, men prisen varierer ikke her mtp. størrelsen. Matavfallsdunken er fast på 140 L, denne fylles sjelden opp. Abonnementene vet at papp og papir samt restavfallsfraksjonen hentes hver fjerde uke, og det er selvbestemt hvor stor dunk som trengs mtp. forbruk.

### *5.2 Bringeordning og henteordning*

Tidligere har bedriften benyttet en bringeordning på fraksjonen glass og metall. Dette har blitt løst ved sentrale glassigloer plassert rundt omkring i de ulike kommunene, hvor husstandene bringer glass og metall. Igloenes hentefrekvenser er basert på tidligere erfaring hos bedriften. Det som er mest optimalt mtp. fyllingsgrad er som regel hver 14. dag, men i noen områder hver syvende dag, eller hver fjerde uke avhengig av tettheten mellom husstandene.

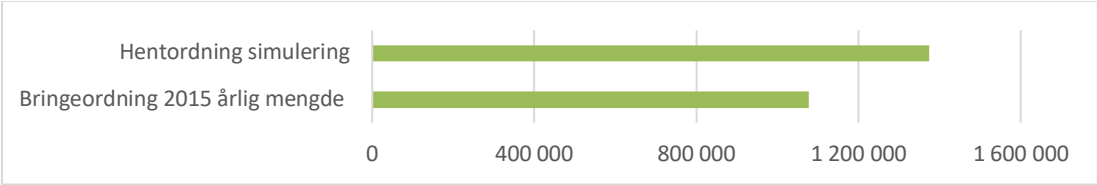
Glassigloene hentes av "Veglo Miljøservice AS" som er fast innsamler av glass- og metallemballasje for kommuner i Trøndelagsfylkene. Mengden innsamlet glass og metall blir solgt videre som en blandet fraksjon til Syklus. IR får betalt 80,72 kr pr tonn innsamlet. Metallet blir deretter fraktet til Norsk Glassgjenvinning på Onsøy. IR har tidligere outsourcet litt av transporten sin til et transportselskap kalt Retur, men da selskapet kjøpte seg ut av avtalen grunnet for høye kostnader enn først tenkt, kjøpte IR de to bilene som Retur brukte. Dermed er all transport av husholdningsavfall nå intern virksomhet.

*Figur 5: Dagens innsamlingsordning mtp. vanlig avfall og glass/metall.*

### *5.2.1 Innsamlingsgrad ved hente- og bringeordning*

Etter en simulert henteordning klarte IR å øke innsamling av glass og metall med 27,58% sammenlignet med bringeordningen i 2015. Dette er sammenfallende med tall fra øvrige bedrifter som har gått fra en bringeordning til en henteordning. Plukkanalyser fra Sirkel materialgjenvinning viser en økning på minst 30%, (Sirkel, 2018.). HIM har hatt en økning på 50%. (Vedlegg 2), og Vesar har hatt en økning på 25% (Avfall Norge, 4/2015, s. 26).

IR foretok åtte hentesimuleringer ulike steder i Stjørdal i tidsrommet oktober 2016 og januar 2018, dette tilsvarer «henteordning simulering» i figur 6. Økningen er regnet ut av datamaterialet fra simuleringen til IR. Med støtte fra andre som har innført henteordninger mener vi at økningen er representativ. Økningen er sammenlignet med bringeordning i 2015 etter anbefaling fra IR.




*Figur 6: Innsamlingsgrad ved bringeordning og potensiell henteordning (Vedlegg 1)*

***Tabell 1: Sortering***

| 2017, Innsamlet | Bring | Hent |
|---|---|---|
| Metall og glass (Kg) | **1.048.000*** | **1.337.122,2 ** ** |
| Økning (Kg) | | **289.122,2** |

*(*Vedlegg i Excel, Antall innhentet Metall og glass i 2017 i kg, (**Vedlegg 1(27,588% økning))).*

Med bringeordningen samlet IR inn 1.048.000 kg med glass og metall ved overgang til en henteordning ville innsamlingen potensielt vært på 1.337.122,2 kg en økning på 289.122,2 kg.

***Tabell 2: Bespart $CO_2$ utslipp ved materialgjenvinning ved henteordning***

| | Glass | Metall |
|---|---|---|
| Andel* | 115.648,88 kg | 173.473,32 kg |
| $CO_2$ utslipp** | 0.02 Kg | - 2.5kg |
| $CO_2$ | + 2.312,97 | - 433 683,3 kg |
| Netto $CO_2$ begge fraksjoner | | **- 431 370,3 kg** |

*(*40% Glass, 60% Metall, (Raadal, Et al, 2009 s. 7) ** (Raadal, Et al, 2009 s. 92-98), (Vedlegg 1). (Arnøy, Modahl & Lyng, 2013, s. 5.)).*

Vi fikk ikke tak i nøyaktige plukkanalyser på andelen av metall og glass, vi forutsetter derfor en fordeling på 40% glass og 60% metall etter anbefaling fra Sirkel Materialgjenvinning og en rapport fra Østfoldforskning (Arnøy, Modahl & Lyng, 2013, s. 5.). Netto klimagevinst ved en økning på innsamling på 289.122,2 kg og en fordeling på 40% glass og 60% metall, gir totalt - 433 683,3 kg spart $CO_2$ for begge fraksjoner.

### *5.3 Modell for analyser*

Modellen som har blitt benyttet til analysedelen er basert på en tradisjonell transportkalkyle med tilpasning fra rammeverket i rapporten «miljøvennlig innsamling av avfall» (Bø et al., 2012).

I beregningen har det blitt tatt utgangspunkt i allerede fastsatte ruter, her har vi brukt to ulike ruter som er representative for områdene i Innherred. Rute 1, perifer rute i avsidesliggende strøk med spredt befolkning. Rute 2, sentral rute med tettere befolkning. Rutene ble valgt i samarbeid med IR ut ifra tidligere fastsatte kriterier som ble benyttet ved utformingen av ruteplanleggingen.

***Tabell 3: Forutsetninger til modell***

| Modellens inputvariabler | Forutsetninger |
|---|---|
| Det er valgt å lage to standardruter, én som representerer sentrumskjøring, og én som representerer bygdekjøring. Disse rutene består av 32% av abonnentene til IR | Antar at disse rutene kan være representative for andre ruter hos IR, slik at man kan generalisere rutene til hele driften.<br>• Sentrumsruten er en sammenslåing av to eksisterende sentrumsruter i Verdal og Levanger<br>• Den perifere ruten er basert på en eksisterende «bygderute» hos bedriften. |
| Faste Kostnader<br>• Avskrivninger<br>• Rente<br>• Forsikring<br>• Administrasjonskostnad<br>• Avgifter | • Avskriving, rente og avgifter er basert på bokførte tall fra IR, hvor det er beregnet snitt basert på antall biler brukt.<br>• Administrasjonskostnaden tilsvarer lønnen til en driftsleder delt på de 5 bilene lederen drifter. |
| Variable Kostnader | • Disse er basert på regnskapstall fra 2016 og |

| | |
|---|---|
| • Reparasjon og vedlikehold<br>• Drivstoff: Diesel<br>• Dekk-kostnader | 2017. Grunnet begrenset data gjør vi oppmerksom på at tallene kan variere om vi ser lenger tilbake i regnskapet<br>• Drivstofforbruket er beregnet ut fra påfyllingsrapporter fra NOV/DES 2017. |
| Lønnskostnader<br>Lønnskostnadene er basert på timelønnen til de to sjåførene som i snitt opererer en renovasjonsbil | • Lønnskostnadene årlig tilsvarer den (gjennomsnittlige årlige lønnen til en arbeider + overtid) * 32% i sosiale kostnader. Dette regnet videre på med hensyn til årsverket til en arbeider, og man ender opp med en lønnskostnad på 284 kr pr. time pr. sjåfør<br>• Hver bil har i snitt 2 sjåfører, noe som tilsvarer 568 kr i lønn pr. time pr. bil.<br>• Ved en 3-kammerbil vil det være 3 sjåfører. |
| Hastighet<br>Hvilken hastighet som i gjennomsnitt oppstår ved innsamling og kjøring til/fra avfallsmottaket. | Hastigheten er forskjellig på de ulike rutene. Basert på informasjon fra transportavdelingen til IR, havner disse på hhv: (Hvor vi har holdt stopptid utenom)<br>• 30 km/t i sentrumsruten<br>• 40 km/t i den perifere ruten |
| Lossetid pr beholder. | • Lossetiden er beregnet ut fra det gjennomsnittlige kraftuttaket til alle rutene på 3,2095. Lossetiden er 15,7 sekunder pr. beholder. I utgangspunktet er den egentlig 31,4 sekunder, men synergieffektene når man løfter 2 beholdere samtidig senker denne til 15,7. Tallene på kraftuttak og tomgang ble meldt upålitelige ved Volvo-målingen av transportleder, de er derfor ikke tatt med i beregningen av snitt kraftuttaket.<br>• Det har blitt beregnet et snitt kraftuttak og tomgang til den perifere ruten basert på pålitelige tall fra bygderuten + gj. snitt fra de to andre rutene. |

| | |
|---|---|
| | • Lossetiden når man introduserer en tredje-kammerbil er usikker da beholderen må lastes opp annen måte, men er satt til 31,4 sekunder.<br>• Lossetiden vil ikke variere avhengig av beholder. |
| Lossetid ved avlastning | • Lossetiden ved avlastning var et tall bedriften ikke hadde. Det er derfor valgt å benytte en tid på 20 min fra en SITMA rapport. (Bø et al., 2012) |

***Tabell 4: Tid og dieselbruk på sentrumsrute***

| Input variabler | Verdi: |
|---|---|
| **Kjøretid** | 90 km /30 km/t = 3 timer |
| **Lossetid beholdere** | (660 beholdere* 15,7 sek)/3600 = 2,88 timer. |
| **Lossetid avfallsmottak** | 20 minutter = 0,33 timer |
| **Tomgang** | 0,2375 timer (3,446 – tomgang inkludert lossetider) |
| **Rutetid** | 6,45 timer |
| **Dieselbruk** | 0,674 liter/km – 9,411 liter pr/time |

***Tabell 5: $CO_2$ Belastning fra en sentrumstur gj. snitt. antall beholdere:***

| $CO_2$-kalkulasjon | |
|---|---|
| **Formel for å utregne $CO_2$ belastningen på sentrumsturen:** | • Drivstoff: 90 km * 0,674 liter/km = 60,65 liter<br>• Tomgang: 3,446 timer * 9,411 liter pr/time = 32,428 Liter.<br>• $CO_2$ belastning = (60,65 + 32,428) *2,69 = 250,38 kg $CO_2$. |
| **$CO_2$ utslipper per beholder:** | • 250,38 kg $CO_2$: 660 beholdere = 0,379 Kg $CO_2$ pr. Beholder per henting |
| **$CO_2$ per år for mat og rest:**<br>**$CO_2$ per år for mat, plast/ papir:** | • 0,379*2*130 = 98,54 kg $CO_2$ per år.<br>• 0,379*2*130 = 98,54 kg $CO_2$ per år. |

*Tabell 6: Tid og dieselbruk på sentrumsrute*

| Input variabler: | Verdi: |
|---|---|
| **Kjøretid** | 94 km /30 km/t = 2,35 timer |
| **Lossetid beholdere** | (660 beholdere* 15,7 sek/)/3600 = 2,88 timer. |
| **Lossetid avfallsmottak** | 20 minutter = 0,33 timer |
| **Tomgang** | 1,475 timer (4,683- tomgang inkludert lossetid) |
| **Rutetid** | 7,022 timer |
| **Dieselbruk** | 0,718 liter/km – 10,730 liter pr/time |

*Tabell 7: $CO_2$ Belastning fra en perifer tur gjennom antall beholdere*

| $CO_2$-kalkulasjon | |
|---|---|
| **Formel for å utregne $CO_2$ belastningen på sentrumsturen:** | • Drivstoff: 94 km * 0,718 liter/km = 67,49 liter<br>• Tomgang: 4,683 t* 10,730 liter pr/t = 50,523<br>• $CO_2$ belastning= (67,49 + 50,523) *2,69 = 317,46 kg |
| **$CO_2$ utslipper per beholder:** | • 317,46: 660 beholdere = 0,48 Kg $CO_2$ pr. beholder per henting |
| **$CO_2$ per år for mat og rest.**<br>**$CO_2$ per år for mat og plast/papir:** | • 0,48*2*130 = 124,8 kg $CO_2$ Per år.<br>• 0,48*2*130 = 124,8 kg $CO_2$ Per år. |

*Kommentar til utregningene*

Tomgangen på 0,2375 og 1,475 er regnet ut ved transportrapporter fra Scania og Volvo, men dette tilsvarer de gangene man stopper på rødt lys, står i trafikk, etc. Dermed har vi tatt den totale lossetiden, ved lossing av beholdere og avlasting på avlastested. Da får vi tomgang på 3,446 timer og 4,683 timer. Kilo $CO_2$ utslipp pr. liter er basert på (Bø et al., 2012). I samtalene vi har hatt med IR er det sagt at utslippet er tett opp til rapportens størrelse på 2,69 Kilo $CO_2$ pr. liter. På grunn av begrenset info om bilenes utslipp, har vi satt utslippet på bilene til 2,69 Kilo $CO_2$ pr L. Den sentrale og perifere ruten er omgjort til standardruter, men rutene består av ti forskjellige ruter (mandag til fredag i to uker). Disse ti rutene er det totale området hver bil har ansvaret for. Det besøkes altså nye husstander hver av disse ti dagene. $CO_2$ per år for mat, rest, papp og plast er derfor beregnet ut fra 130 dager, fordi det tilsvarer totalt antall dager ruten henter fraksjonene, Ruten henter mat 260 dager i året, mens rest og papp/plast hentes 130 dager på ruten.

# Kapittel 6 Resultat/Analyse

## *6.1 Løsningene*

Det har blitt laget en transportkalkyle for hver av de to rutene. Det har blitt regnet ut et snitt volum (i liter) som hver husstand bidrar med til hver henting. Dette medfører at det ikke spiller noen rolle om beholderen er 140 eller 360 liter. Imidlertid vil noen av scenarioene føre til en lavere hentefrekvens, som kan føre til at en husstand som har mye avfall, kanskje vil fylle dunken sin før den hentes. Dette vil påvirke det estetiske og samtidig en lengre lossetid av beholderne da arbeiderne må rydde opp underveis.

Det er prognostisert, basert på et snitt antall beholdere av de ulike fraksjonene på dagens ruter, at det vil være ca. 330 dunker med metall på hver rute. Sentrumsruten og den perifere ruten har her de samme antall dunker og liter pr. husstand, dette vil selvsagt ikke være tilfellet i den virkelige verden, men for å kunne simulere på ulike frekvenser har dette blitt sett på som en nødvendig forutsetning. Forbruket av metall og glass er relativt lite i snitt i volum, noe som tilsier at det er mulig å hente 1-2 ganger i året, men det er antatt at dette ikke vil være en løsning da de husstandene som er gode på å kildesortere mest sannsynlig vil fylle beholderne sine før de blir hentet. I tillegg er vekten på metall ganske høy per liter (8kg), slik at vektkapasiteten på bilene da kan overstiges.

Løsning 1, 2 og 3, er i utgangspunktet samme løsning, forskjellen ligger i antall frekvenser. I løsning 1 henter man hver 8. uke, altså seks ganger i året. Løsning 2 har en hentefrekvens på fem ganger i året (hver 10. Uke), mens løsning 3 har hentefrekvens på fire ganger i året, altså hver 12. Uke. Dette er det vi kaller for **de separate løsningene**, da disse innebærer en separat henting hvor hele bilen kjører en ekstra tur for å samle opp glass og metall fraksjonen. Dette er også løsninger som er prøvd og benyttet av andre kommuner tidligere, det ble forsøkt å ta kontakt med disse kommunene, men vi fikk ikke et svar på hvordan deres løsning hadde påvirket kostnadene.

Løsning 4, 5 og 6 er også like løsninger, men frekvensene her er forskjellige. I løsning 4 henter man hver 8. uke, i løsning 2 henter man metall og glass hver 10.

Uke, mens i løsning 6 henter man hver 12. uke. Her har det blitt forsøkt å erstatte 70% kammeret som blir brukt til å hente papp og rest med metall og glass. I tabell 8 nedenfor vises et utsnitt av en slik ukeplan for én husstand. I uke 5 erstattes rest med metall og glass. I uke 7 skal egentlig papp hentes inn, men her bytter man på rekkefølgen slik at mat og rest blir hentet her isteden, før man i uke 9 igjen henter mat og papp. På denne måten vil man 4-6 ganger i året (avhengig av L4, L5, L6) vente seks uker med rest og papp, istedenfor åtte uker, slik at man minimerer tidsintervallet, og dermed ikke overfyller dunkene i like stor grad. Disse kalles for **substitusjonsrutene**.

***Tabell 8: Substitusjonsruter***

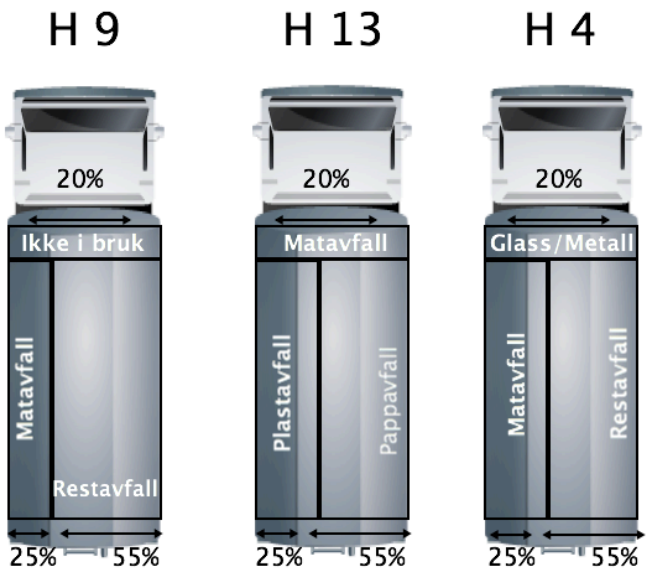
| **Uke** | **Fraksjon** |
|---|---|
| 1 | Mat og rest |
| 2 | |
| 3 | Mat og papp |
| 4 | |
| 5 | Mat og rest–> metall og glass |
| 6 | |
| 7 | Mat og rest (papp) |
| 8 | |
| 9 | Mat og papp |

Ved bruk av substitusjoner økes ikke antall kjørte turer, selv om det hentes én ekstra fraksjon, dette medfører én ekstra kjøretur for å losse av da bilene fylles opp når restavfallet/papp må vente noen ekstra uker.

Løsning 7, og 8 er basert på den forutsetning at IR får lov av kommunene til å innhente matavfallet hver tredje uke i vinterhalvåret, da lukt ikke vil være et like stort problem på denne årstiden. Hentefrekvensen på glass og metall er her fire ganger i året. (hver 12. uke.) Dermed vil matavfallet hver tredje uke i vinterhalvåret bli erstattet med henting av metall og glass, dette tilsvarer to hentinger om vinteren og to om sommeren. Løsning 7 og 8 skiller seg fra hverandre på måten de håndterer sommerhalvåret. Løsning 7 benytter seg av to separate hentinger tilsvarende løsning 1-3, noe som fører til to ekstra kjøringer i

året. Løsning 8 benytter seg av to substitusjoner, én av papp/papir, og én av restavfall, tilsvarende løsning 4-6. Dette medfører ekstrakjøring to ganger i løpet av sommerhalvåret da bilene fylles opp. For å ha et skille kaller vi disse for **hybridrutene.**

I løsning 9 har det blitt benyttet en ny 3-kammer bil, mens i løsningene 1-8 har det blitt brukt 2-kammer biler. Det blir her også hentet hver 12. Uke, altså fire ganger i året. Hver gang man henter metall og glass, blir dette samlet i 20% kammeret, mens restavfall havner i 55% kammeret, og mat havner i 25% kammeret. De dagene metall og glass ikke skal hentes blir rest og mat hentet i samme kammer, men 20% kammeret blir ikke utnyttet. De dagene hvor metall og glass ikke skal hentes men papp skal hentes, blir mat plassert i 20% kammeret, da det ikke er ønskelig med komprimering for matavfall. Plast blir utsortert og lagt i 25% kammeret, hvor det kan komprimeres. Papp og papir blir følgelig plassert i 55% kammeret. Det har blitt illustrert i figur 7 for å vise dette oversiktlig. Løsningen fører til 13 hentinger med "papp/papir, plast og mat", 9 hentinger med "rest og mat" og 4 hentinger med "metall, rest og mat".




***Figur** 7: Ulike kammerfordelinger i kjøretøy ved løsning 9 (sett ovenfra).*

Det er valgt å splitte opp de ulike utnyttelsesgradene med tanke på hvilke fraksjoner som håndteres. Da det er store variasjoner når metall skal hentes inn, vil ikke en snitt-utnyttelsesgrad få fram de virkelige effektene på

utnyttelsesgradene av løsningen. Utnyttelsesgraden er i % av volum. Med en maks kapasitet på 20 $M^3$, som tilsvarer 20 000 Liter.

***Tabell 9: Kammerutnyttelse***

| Løsning | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 |
|---|---|---|---|---|---|
| **V/vanlig rest %** | 73,82 | 73,82 | 73,82 | 89,20 | 83,14 |
| **V/vanlig papp %** | 69,15 | 69,15 | 69,15 | 83,13 | 83,13 |
| **V/separat metall %** | 1,21 | 1,45 | 1,81 | 23,77 | 24,01 |

| Løsning | L6 | L7 | L8 | L9 |
|---|---|---|---|---|
| **V/vanlig rest %** | 83,14 | 75,70 | 79,7 | 73,82 |
| **V/vanlig papp %** | 77,62 | 71,03 | 74,9 | 69,15 |
| **V/separat metall %** | 24,37 | 1,81 | 26,5 | 75,63 |
| **V/metall ist. mat, m/papp %** | | 48,39 | 52,28 | |
| **V/metall ist. mat, m/papp %** | | 53,06 | 57,34 | |

Tabellen er sortert ut fra følgende logikk:

- V/vanlig rest: De dagene man henter restavfall og mat, uten å sortere metall.
- V/vanlig papp: De dagene man henter papp/papir/plast og mat, uten å sortere metall
- V/separat metall: De dagene man henter metall gjennom separate ruter (L1-3, L/7), når metall erstatter matavfall (L8), når metall erstatter papp/rest (L4-6), og når metall samles med rest og mat (L9)
- V/metall ist. mat, m/papp: De dagene man henter metall istedenfor mat, og sammen med papp (L7, L8)
- V/metall ist. mat, m/rest: De dagene man henter metall istedenfor mat, og sammen med rest (L7, L8)

Vi ser at utnyttelsesgraden er høyest i **substitusjonsløsningene**, dette fordi, 4-6 ganger i året, vil man vente to ekstra uker med å hente inn rest eller matavfall, siden metall erstatter rest og papp. Et problem som oppstod under beregningene er at vi har brukt snitt L som hver husstand produserer pr. tur. Slik at i Excel virker det som at dunkene og kamrene ikke blir fylt opp på ruten, men i virkeligheten vil dette medføre dobbelt så mye innhenting av rest eller papp, 4-6 ganger i året,

siden man venter to ekstra uker med å innhente fraksjonen pga. forskyvingen når metall og glass hentes.

Utnyttelsesgraden er lavest for de **separate rutene** som må hente metall. Dette er logisk da forbruket av metall ikke er like høyt som resten av fraksjonene, og denne fraksjonen skal på disse rutene alene fylle en hel renovasjonsbil på 20 $M^3$, sammenlignet med de andre dagene som har to fraksjoner med høyere forbruk enn metall. For eksempel ser vi at i L4-6 og 8, vil utnyttelsesgraden for metall være høyere, da denne sammenslås med en allerede innhentet fraksjon. I L9 har vi den desidert høyeste utnyttelsesgraden når man ser på helheten. Dette er den eneste løsningen som har en utnyttelsesgrad som er høyere ved innsamlingen av metall enn uten. Løsningen er dog noe dyrere grunnet høyere lønnskostnader, noe som drøftes under «Oppsummert for de ulike løsningene».

### *6.2 Resultater*

Kalkulasjonene i studien er basert på de tallene og rapportene vi har fått fra IR, statistikker fra Norsk Gjenvinning og tidligere rapporter og artikler på området. Det har blitt gjort en del forutsetninger for å gjøre denne studien mulig. Disse har vi valgt å summere oversiktlig her:

- Forespørselen er jevnt fordelt på husstandene
- Begge bilene har like faste kostnader.
- Etterspørsel og antall beholdere er lik for begge rutene
- Størrelse på beholderen er ubetydelig da vi har regnet snitt L pr. husstand
- IR får godkjent for å sortere mat hver 3. uke fra kommunen mtp. L7 og L8.
- Sentral rute er bemannet av 3, men 2 i de separate løsningene.
- Perifer rute er bemannet av 2, men 3 ved en tre-kammer løsning
- Alt kildesortert materiale kan benyttes videre mtp. utvinning.
- Lossetid for avlastning av avfallet på håndteringsstedet er 20 min, basert på rapport fra (Bø et al., 2012)
- Avstanden bilen må kjøre ved lossing når bilen blir fylt opp er satt til 8 km. Tallet er basert på geografiske avstander fra Verdal og Levanger Sentrum til IR sitt avlastningssted, samt samtaler med IR.
- Lossetiden for den tredje dunken ved tre-kammerløsningen er satt tilsvarende for en vanlig beholder uten synergieffekter, altså 31,4 sekunder

Det som viser seg å være optimale frekvenser er hver 12. uke, da dette har gitt de laveste kostnadene, både pr. tur, men også pr. tonn for de ulike løsningene. Basert på dette funnet har vi valgt å sammenligne direkte de fire ulike løsningene som henter hver 12. uke, som blir vist i tabell 9: «Oppsummert for de ulike løsningene». Dette resonnementet er også grunnlaget for at vi ikke har simulert på hver 10. eller 8. uke, for løsning 7-9. I tillegg fikk vi beskjed og anbefalinger fra IR og ikke hente sjeldnere enn 8. uker, da deres prøveområde med løsningen klarte å hente hver 8. uke uten klager om overfylling hos husstandene. Nedenfor er det oppsummert hva en tur ville kostet i året, basert på løsningen som er valgt. $CO_2$ har også blitt samlet her, sammen med $CO_2$ pr. tonn innsamlet avfall.

***Tabell 10: Kostnad og $CO_2$ for de ulike løsningene Sentral rute***

| **Løsning** | **L1** | **L2** | **L3** | **L4** | **L5** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Kostnad, kr** | 2.386.353 | 2.342.281 | 2.298.242 | 2.157.004 | 2.148.236 |
| **Kg. $CO_2$** | 80.123 | 77.619 | 75.115 | 72.073 | 70.910 |
| **KG.$CO_2$ Pr. Tonn** | 4,2 | 4,06 | 3,93 | 3,77 | 3,71 |

| **Løsning** | **L6** | **L7** | **L8** | **L9** |
|---|---|---|---|---|
| **Kostnad, kr** | 2.139.470 | 2.210.270 | 2.121.937 | 2.564.943 |
| **Kg. $CO_2$** | 69.748 | 70.106 | 67.424 | 82.350 |
| **KG.$CO_2$ Pr. Tonn** | 3,65 | 3,67 | 3,53 | 4,31 |

***Tabell 11: Kostnad og $CO_2$ for de ulike løsningene perifer rute***

| **Løsning** | **L1** | **L2** | **L3** | **L4** | **L5** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Kostnad. Kr** | 2.086.755 | 2.037.156 | 1.987.588 | 1.806.981 | 1.801.091 |
| **Kg. $CO_2$** | 101.478 | 98.322 | 95.165 | 92.503 | 90.945 |
| **Kg $CO_2$ Pr. Tonn** | 5,31 | 5,15 | 4,98 | 4,84 | 4,84 |

| **Løsning** | **L6** | **L7** | **L8** | **L9** |
|---|---|---|---|---|
| **Kostnad. Kr** | 1.795.200 | 1.887.444 | 1.783.420 | 2.811.430 |
| **Kg. $CO_2$** | 89.180 | 88.851 | 85.860 | 101.453 |
| **Kg $CO_2$ Pr. Tonn** | 4,67 | 4,65 | 4,5 | 5,31 |

*Tabell 12: Tonnkostnader ved sentrumsrute v/gitt utnyttelsesgrad:*

| Løsning | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 |
|---|---|---|---|---|---|
| V/vanlig rest | 1.312 | 1.293 | 1.273 | 1.009 | 1.076 |
| V/vanlig papp | 1.507 | 1.485 | 1.462 | 1.173 | 1.169 |
| V/separat Metall | 4.651 | 3.819 | 3.009 | 1.997 | 1.820 |

| Løsning | L6 | L7 | L8 | L9 |
|---|---|---|---|---|
| V/vanlig rest | 1.072 | 1.195 | 1.097 | 1.443 |
| V/vanlig papp | 1.241 | 1.3067 | 1.259 | 1.657 |
| V/separat Metall | 1.608 | 2.916 | 1.529 | 1.014 |
| V/metall ist. Mat, m/papp | | 1.274 | 1.178 | |
| V/metall ist. Mat, m/papp | | 1.124 | 1.034 | |

*Tabell 13: Tonnkostnader ved perifer rute v/gitt utnyttelsesgrad:*

| | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 |
|---|---|---|---|---|---|
| V/vanlig rest | 954 | 961 | 968 | 845 | 903 |
| V/vanlig papp | 1.096 | 1.104 | 1.113 | 982 | 980 |
| V/separat Metall | 3.381 | 2.839 | 2.290 | 1.672 | 1.526 |

| V/vanlig rest | L6 | L7 | L8 | L9 |
|---|---|---|---|---|
| V/vanlig papp | 899 | 955 | 922 | 1.581 |
| V/separat Metall | 1.041 | 1.092 | 1.058 | 1.817 |
| V/metall ist. Mat, m/papp | 1.349 | 2.330 | 1.258 | 1.111 |
| V/metall ist. Mat, m/papp | | 1.018 | 990 | |
| V/vanlig rest | | 898 | 869 | |

### *6.3 De ulike rutene*

*Separate rutene*

De separate rutene har en lavere utnyttelsesgrad ved innsamlingen av metall. Dette fordi hele bilen brukes til å samle inn og dermed blir vurderingsgrunnlaget. Disse rutene bruker nest mest $CO_2$, dette fordi det blir mye ekstra kjøring i løpet av året.

*Substitusjonsrutene*

Rutene er mye billigere enn de separate fordi man trenger ikke kjøre flere turer, men kostnaden og $CO_2$ blir påvirket av den ekstra kjøringen som oppstår ved fylte

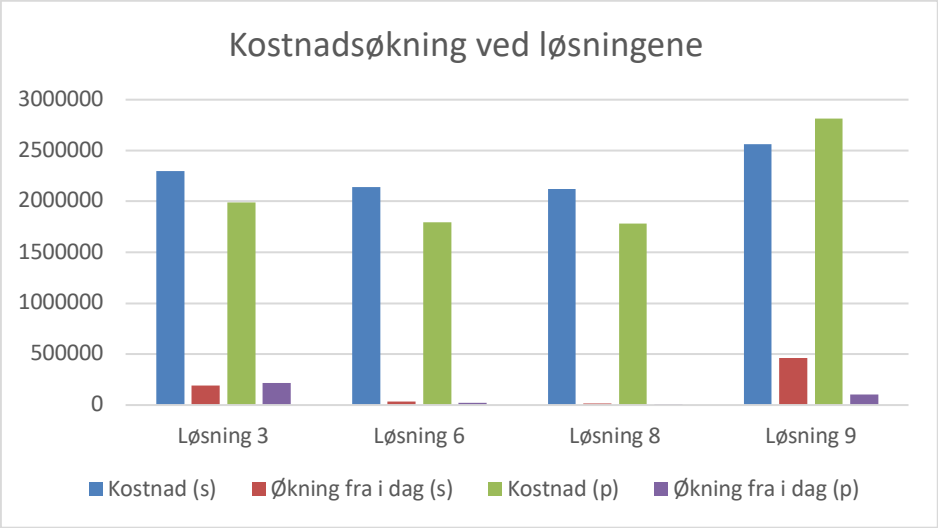
kammer. Det er også et spørsmål om estetikk, da dunkene fort kan fylles opp ved en slik løsning.

*Hybridrutene*

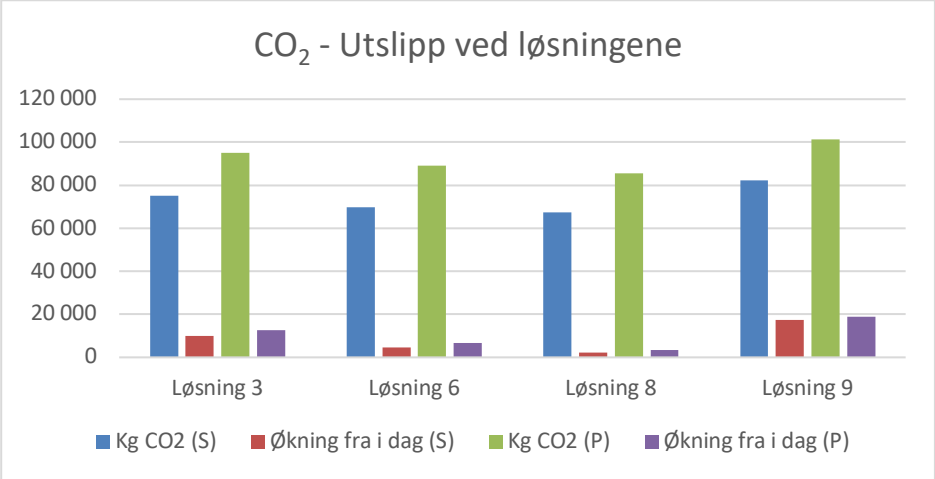
Det er noe ekstra kjøring grunnet oppfylling eller valg av separat kjøring. Dette er de eneste rutene som er avhengig av at IR får lov til å skru ned frekvensen på matfraksjonen. Estetikken er også her viktig da lukt kan spille en rolle, selv etter tre uker om vinteren. L7 ender opp med for lange arbeidsdager.

*Tre-kammer-ruten:*

I utgangspunktet den ruten som var tenkt å være mest effektiv. Lønnskostnaden blir veldig høy på grunn av høy økning i kjøretid. Tonnkostnaden ved innhenting av metal er imidlertid lavest her. Rutene blir mest sannsynlig for lange med tanke på arbeidstimer oppimot arbeidsmiljøloven (Vedlegg 5 - simuleringer).




***Figur 8**: Kostnadsøkning*




***Figur 9**: CO2- utslipp*

*Tabell 14: Oppsummert for de ulike løsningene*

| | L3 | L6 | L8 | L9 |
|---|---|---|---|---|
| **Sentrum** | | | | |
| **Kostnad** | 2.298.241 | 2.139.470 | **2.121.937** | 2.564.945 |
| **Kg $CO_2$** | 75.115 | 69.748 | **67.424** | 82.350 |
| **Tonnkostnad v/metall** | 3.008 | 1.607 | **1.238*** | **1.014** |
| **Diff. fra I dag Kost** | 193.838 | 35.067 | **17.534** | 460.542 |
| **Diff fra i dag Kg $CO_2$** | 10.016 | 4.649 | **2.326** | 17.251 |
| **Perifer** | | | | |
| **Kostnad** | 1.987.588 | 1.795.200 | **1.783.420** | 2.811.430 |
| **Kg $CO_2$** | 95.165 | 89.180 | **85.860** | 101.453 |
| **Tonnkostnad v/metall** | 2.290 | 1.348 | **1.041*** | **1.111** |
| **Diff fra i dag Kost** | 215.948 | 23.560 | **11.780** | 1.039.790 |
| **Diff fra i dag Kg $CO_2$** | 12.627 | 6.642 | **3.321** | 18.915 |

*(* Snitt av de ulike måtene man samler inn metall på over vinterhalvåret og sommerhalvåret).*

En økt merkjøring kan resultere i økte avskrivninger og økte faste kostnader i det lange løp. Usikkerheten ved beregningen av disse er så stor, at vi har ekskludert hensynet til eventuelle økte avskrivninger som følge av merkjøring.

**L3** sine kostnader oppstår som følge av de ekstra turene som må kjøres fire ganger i året. Lønnskostnadene vil her påvirke mest. De variable kostnadene vil være høyere, noe som er logisk da L3 ruten medfører størst antall ekstra kjørte km.

**L6** er ikke sett på som spesielt fordelaktig til tross for en lavere turkostnad. Grunnen er de ekstra ukene hvor restavfall og papp må vente på å bli hentet. To ganger i halvåret vil restavfall og papp mest sannsynlig føre til overfylling i husholdningsdunkene, samtidig som at bilene fylles opp før turen er ferdig, dette fører til ekstrakjøring. Denne ekstrakjøringen er medregnet i beregningen av turkostnaden, men det er ikke tatt hensyn til den eventuelle ekstra lossetiden som oppstår ved ekstra arbeid pga. opprydding tilknyttet overfylte dunker. Det er også en antakelse om at husstandene ikke ønsker å ha restavfall liggende i åtte uker.

**L8** er ruten med minst kostnader og minst $CO_2$ utslipp. Ved L8 må man ta hensyn til om husstandene synes det er greit å vente tre uker før matavfallet hentes om

vinteren. Fordelen ved L8 er at man får utnyttet kamrene mer, siden man erstatter matavfall med metall og glass, og ikke et kammer med rest eller papp som i L6. I halvåret med sommer, vil samme problem oppstå som i L6, dog i en mindre grad. Her vil restavfall hentes én gang sjeldnere. I tillegg er det valgt å bytte om på rekkefølgen når papp, papir og rest, etter at metall er hentet. Dette fører til at husstandene får hentet restavfallet etter seks uker, én gang, noe som mer sannsynlig vil bli akseptert av husstandene. Ved disse to hentingene i sommerhalvåret vil bilen fylles opp, noe som fører til én ekstra tur for å losse av to ganger i året.

**L9** medfører en signifikant økning i turkostnadene til selskapet. Dette er fordi L9 krever et tredje kammer på bilen. Losseprosessen her er litt annerledes enn de andre, og krever ekstra tid. Denne ekstra tiden fordeler seg på lønnskostnadene til de tre arbeiderne på bilen, noe som fører til en høy kostnad, dette til tross for en høyere utnyttelsesgrad. Et interessant aspekt er en potensiell outsourcing av L9, da tonnkostnaden her vil være lavere ved sentrumsrute enn for de andre løsningene, selv om turkostnaden er høyere. Dette har vi imidlertid valgt å ikke gå nærmere inn på.

Et punkt som må drøftes ved L9 er mulig reduksjon i lønnskostnader knyttet til ettersortering. Ved L9 er det mulig å sortere ut plasten ved henting, istedenfor å innhente den samlet ved dagens løsning. Dette fører til mindre behov for ettersortering av plast når det kommer inn på anlegget, noe som kan bringe lavere lønnskostnader om ettersorteringen ikke trenger like mange arbeidere.

L9 sitt høye tidsforbruk grunnet tomgang kan som diskutert i teorikapittelet, reduseres med en økning i antall arbeidere pr. bil. Tre arbeidere er maksimalt i førerhuset på kjøretøyet, dette måtte i så fall bygges ut ved introduksjonen av en fjerde ansatt. Reduksjonen i lossetid som følge av flere ansatte må følgelig sees i sammenheng med økningen i lønnskostnadene.

En kommentar til L9 er muligheten for fleksible kammer. I løsningen er det diskrete kammer med faste posisjoner, og fordelinger på 20, 25 og 55%. Det oppstår merkjøring pga. at 20% kammeret er for lite for den matavfallsmengden

ved de gitte frekvensene. Hvis kamrene kunne reguleres til en annen inndeling, ville merkjøringen til avlastningsstedet bli unngått og da få reduserte kostnader. Dette vil vi ikke utdype ettersom på grunn av IR sin interesse i løsninger med 3-kammer.

### *6.4 Kundekonsekvens*

#### *6.4.1 Estetikk*

Det estetiske er spesielt viktig da husstandene skal være fornøyde med valgt løsning. Ved L6 og L8 kan det oppstå misfornøyelse om dunkene fylles opp for fort, og hvis restavfall begynner å lukte når det står i seks uker. I samtaler med IR ble det også drøftet symmetri med tanke på størrelse på dunkene. De ansatte hadde erfaring med at kunder liker å ha symmetri i dunkene sine, de foretrekker dermed 3* 140 L dunker, istedenfor ulike størrelser. Ved L6 er det mulig at kundene må øke dunkene sine for å få nok volum med tanke på forbruket sitt. Et annet vurderingsgrunnlag til valg av løsning er om de heller skal ha en nedgravd løsning til metall og glass-fraksjonen. Fordelen er at den kan romme et større volum, samtidig som en nedgravd løsning sparer plass i områder med boligblokker, dette vil imidlertid bli en ekstra kostnad som overføres på husstandene. Vi har valgt å ikke diskutere dette nærmere her, men vil anbefale både IR og andre kommuner å ta hensyn til kundens ønsker og vurderinger på det estetiske.

#### *6.4.2 Økonomi*

IR har regnet på introduksjonen av en løsning, og antar at dette vil påføre kundene som benytter plastdunker en ekstrakostnad på ca. 30-50 kr i året pr. innbygger.

### *6.5 Modell for nasjonal beregning*

Det var ønskelig, å kunne benytte en slik fremgangsmåte som har blitt gjort på IR sin virksomhet på et overordnet nivå. Spørsmålet er om metoden som er brukt forut i oppgaven kan løftes på bransjenivå.

Funnet er at modellen som er blitt benyttet til å illustrere det teoretiske rammeverket i oppgaven, også kan benyttes til å vise den helhetlige strukturen i et renovasjonsselskaps innsamlingssystem. Hvis en kommune, eller et

renovasjonsselskap skal organisere, eller fornye sin renovasjonsløsning, kan det sees som hensiktsmessig å benytte en utvidet form av figur 1 – teoretisk rammeverk. *Utvidet* vil i denne forstand innebære å tilpasse den etter de lokale kommunenes restriksjoner, sammensetningen av bilparken, de ansatte, behovene til lokalbefolkningen, og muligheten som ligger i infrastrukturen i kommunene. For eksempel vil kommunene i Trøndelag ha større behov for resirkulering av matavfall, da dette kan benyttes som kompost i jordbruket, noe som drives av en stor del av befolkningen, da en god del arbeider som bønder.

Avhengig av kombinasjonen av de ulike komponentene som renovasjonsselskapene inkluderer i sin renovasjonsløsning, får man følgelig ulike måter å regne på. Det kan imidlertid sies at ved introduksjonen av én ekstra fraksjon, anbefales det å regne ut en så valid standardrute som mulig, for så å beregne de økte kostnadene og $CO_2$-utslippet som følger av dette. Etter dette bør det sees på hvilken løsning som er den mest attraktive på det teoretiske plan, for så å vurdere dens grad av realistiske oppnåelse i virkeligheten. Endelig må det sees på om husstandene faktisk *ønsker* introduksjonen av en ny fraksjon, og om en eventuell økning i resirkulering fører til en bedring av dagens $CO_2$-utslipp for valgte løsning.

Avslutningsvis må det sies at det aldri finnes en løsning som kan benyttes av alle kommuner, og alle renovasjonsselskaper med 100 % suksessrate. Forutsetningene som har blitt satt i denne oppgaven vil ikke alltid være til stede i virkeligheten eller gjelde for de øvrige kommunene i Norge.

Antallet variabler som påvirker hverandre, og det faktum at disse varierer i stor grad, kompliserer valget av innsamlingssystem til det punkt at en generaliserbar løsning som får innpass hos alle kommuner vil være umulig.

Likevel har vi vist at det er mulig å implementere en ny fraksjon med glass og metall på en bærekraftig måte. Våre funn kan være nyttig for andre som skal gjøre tilsvarende analyser selv om det alltid vil være lokale tilpasninger.

# Kapittel 7 Konklusjon

## *7.1 Miljø*

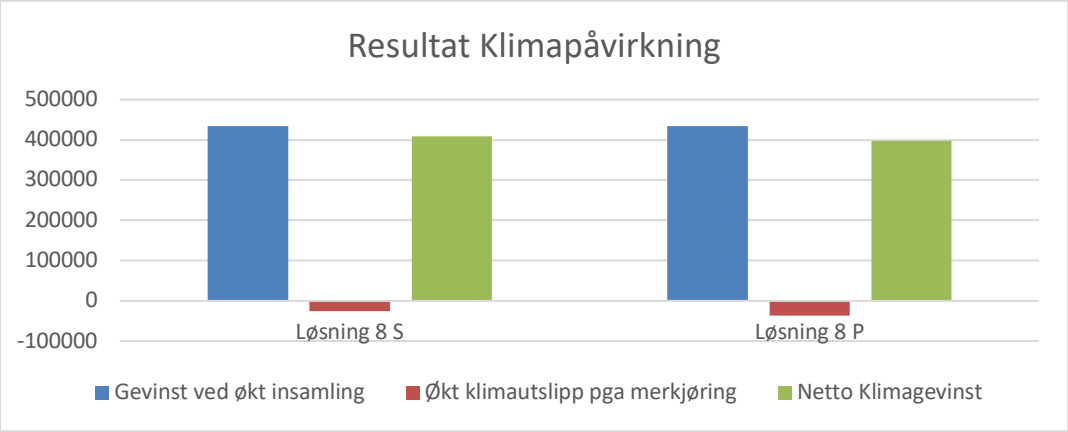
Uansett valg av løsning, vil ikke dette påvirke mengden innsamlet metall og glass, ettersom denne mengden blir påvirket av kildesorteringen til husholdningene. Løsningen vi vil anbefale til IR er L8. L8 medbringer laveste transport- og investeringskostnader, lavest tonnkostnader (sett 3-kammer løsningen utenom) og i tillegg et lavere $CO_2$-utslipp. Forutsatt at prøveområdet til IR stemmer, og alt annet likt, vil introduksjonen av en 5. fraksjon føre til en økning i resirkuleringen på 289.122,2 kg, fordelt 60 % til metall og 40 % på glass. Dette fører til en klimagevinst på 433.683,3,3 kg $CO_2$. Løsningen fører til en økning på 2.326 kg i $CO_2$ grunnet økt transport og tomkjøring. Endelig utslipp vil være klimagevinsten ved økt gjenvinning, fratrukket total $CO_2$ på ruten:

- 433.683,3 – 67.424 = 366.259,3 kg $CO_2$ → Sentrums Rute
- 433.683,3 – 85.860 = 347.823,3 kg $CO_2$ → Perifer Rute

Det må her merkes at disse simulerte rutene tilsvarer to årlige ruter som kjører 260 dager i året. Dette er ikke alle rutene til IR, de har totalt elleve ruter med husholdningsinnsamling av plastbeholdere. Dermed må økningen på 433.683,3, fratrekkes den totale økte $CO_2$ belastningen på alle rutene. Siden det er snakk om økning i resirkulering og økning i $CO_2$ som følge av merkjøring, tar vi bare hensyn til det økte $CO_2$ utslippet av denne merkjøringen. Om vi antar alt annet likt blir resultatet:

- 433.683,3 – (2.326*11) = 408.097,3 kg $CO_2$ → Om alle er sentrumsruter
- 433.683,3 – (3.321*11) = 397.152,3 kg $CO_2$ → Om alle er perifere ruter

* 2.326 og 3.321 er økningen i $CO_2$ som kommer av en ny løsning.




*10: Klimapåvirkning*

Resultatet viser klar gevinst med tanke på $CO_2$ utslipp. Problemet er at på grunn av begrensningen i oppgaven vil svaret utelukke noen vesentlige parametere. For eksempel tar dette resultatet ikke hensyn til kjøringen til gjenvinningsstasjonen og utslippene dette medfører, den tar heller ikke hensyn til lokalutslippene som $NO_x$-utslipp eller andre klimagasser. Når det er sagt vil dette fortsatt være den løsningen av de skisserte som minimerer disse utslippene.

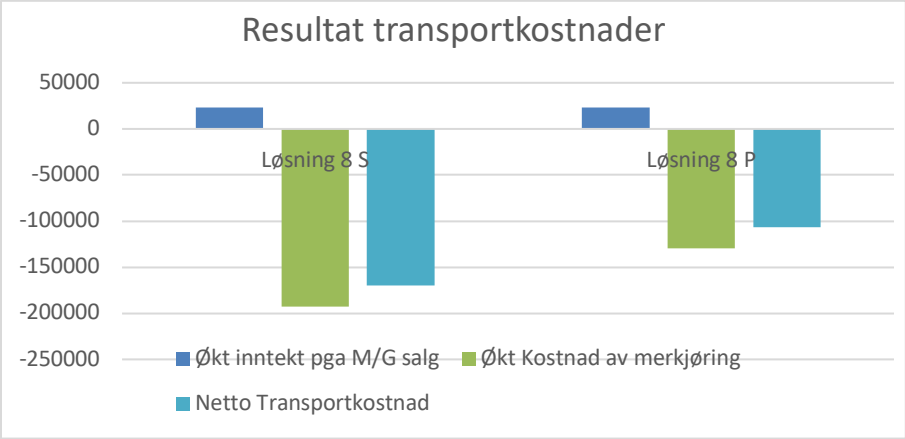
### *7.2 Økonomi*

Løsning 8 medfører den laveste turkostnaden av alle de ni skisserte løsningene. Grunnen er relativt intuitiv. Det blir ikke ekstra kjøreruter, til tross for håndteringen av en ekstra fraksjon. Den relativt beskjedne økningen i kostnader kommer av økning i kjøring på sommerhalvåret, da bilen fylles opp to ganger. Dette vil også medbringe en økning i tid på ruten, som fører til økte lønnskostnader. Det endelige resultatet kan kalkuleres ved å ta hensyn til den økte kostnaden for løsning 8 og økt inntekt som følge av økt resirkulering:

- Inntekt ved økt resirkulering – (Kost ved L8 – Kost ved dagens løsning)
- (289,1222*80,72) – (2.121.937 – 2.104.403) = 5.803 kr→ Sentrumsrute.
- (289,1222*80,72) – (1.783.420 – 1.771.640) = 11.558 kr → Perifer rute.

Introduksjonen av en 5. fraksjon kan først se ut til å øke inntektene, men bildet er noe misvisende. For det første er inntekten ved økt resirkulering den totale inntekten av hele IR sin innsamling i de ni kommunene, ikke bare ved den ene ruten. For det andre er dette bare økningen i kostnader på den ene sentrums/perifer ruten. Det må tas høyde for de andre ti rutene som medfører andre kostnader:

- (289,1222*80,72) – (2.121.937 – 2.104.403) *11 = -169.536,06 kr
- (289,1222*80,72) – (1.783.420 – 1.771.640) *11 = -106.242,06 kr




*11: Transportkostnader*

Selv om vi her får et negativt resultat siden økningen i inntekten av økt resirkulering ikke gjør opp for økningen i kostnadene, må det tas hensyn til sparte kostnader tilknyttet **dagens bringeordning**. Det har dessverre vist seg å være vanskelig å få tak i et godt tallmateriell på dagens bringeordning, og de kostnader denne ordningen medfører. Vi velger derfor å kommentere at IR må ta hensyn til dagens ordning og dens kostnader, sammenlignet med den nye. Hvis den nye foreslåtte løsningen gir lavere kostnader enn dagens bringeordning, må dette overveies med hensyn til vurderingen av foretrukket løsning. IR kan f.eks. øke antall glassigloer til bringeordningen, slik at forbrukere får et enklere tilbud til resirkulering, om dette viser seg å være billigere enn dagens og/eller den nye foreslåtte løsningen. Videre er L8 også den løsningen som gir lavest tonnkostnader for avfall innsamlet, når man samler inn metall og glass.

Dette må også sees på som en investering for utbygging av et nytt kildesorteringstilbud. Det vil ofte være en avveining mellom økte kostnader som følge av en miljøvennlig ordning, og økning i klimagevinst. Spørsmålet i denne sammenhengen blir om økningen i kostnadene til IR kan rettferdiggjøres i lys av økningen i klimagevinst.

Det vil mest sannsynlig forekomme store variasjoner for andre bedrifter som skal foreta samme beregninger. Men selv med dette i bakhodet velger vi å komme til konklusjonen at L8 vil være den beste løsningen med tanke på minimerte transportkostnader og miljøutslipp. Vi kan også konkludere med at gevinsten på økt gjenvinning av metall og glass er så høy at i dette tilfellet vil det ikke være en konflikt mellom økt resirkulering, økte transportkostnader og utslipp. Det er trolig at et lignende resultat ikke ville forekommet om studien hadde omfattet introduksjonen av et transporttiltak for å øke innsamlingen av papp og papir. Ettersom gevinsten ved gjenvinning er mye høyere ved metall og glass.

Endelig vil vi her, basert på forutsetningene, analysene og resultatene gitt av oppgaven, konkludere med at L8 vil være den mest attraktive løsningen tatt hensyn til det overordnete synet av minimerte kostnader, økt resirkulering og klimagevinst.

Slutt

* * * * * *

## Referanseliste:

Arnøy, S., Modahl, S. I. & Lyng, K. (2013). *Klimaregnskap for Renovasjonsselskapet Envina i 2010.* (OR. 12.13). Hentet fra: https://www.ostfoldforskning.no/no/publikasjoner/Publication/?id=1404

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

Brisson, I. E. (1997). *Assessing the "Waste Hierarchy" – a Social Cost- Benefit Analysis of Municipal Solid Waste Management in the European Union.* Danmark: AKF Forlaget.

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

Bø, E., Flygansvær, B. & Grønland, E. S. (2012). *Miljøvennlig innsamling av avfall – en studie av nye renovasjonstekniske løsninger.* (SITMA rapport 1201/2012).

Das, S., & Bhattacharyya, B. Kr. (2015). Optimization of municipal solid waste collection and transportation routes. *Science direct*, 43, 9-18. Doi: 10.1016/j.wasman.2015.06.033

Dror, M., Ball, M., & Golden, B. L. (1985). A computational comparison of algorithms for the inventory routing problem. *Annals of Operations Research,* 4(1), 1-23.

Eggen, E. (2014). *Kostnader for utsortering av gjenvinningsfraksjoner*. (Avfall Norge-Rapport 6/2014). Hentet fra: https://www.avfallnorge.no/fagomraader-og-faggrupper/rapporter/kostnader-ved-utsortering-av-produsentansvarsavfall

Gaines, L., Vyas, A. & Anderson, L. J. (2006). Estimation of Fuel Use by Idling Commercial Trucks. *Center for Transportation Research.* Doi: 10.3141/1983-13

Gajpal Y., Abdulkader, MMS., Zhang, S., & Appadoo, SS. (2017). Optimizing garbage collection vehicle routing problem with alternative fuel-powered vehicles. *Optimization,* 66(11), 1851-1862. Doi: 10.1080/02331934.2017.1349126

Gripsrud, G., Olsson, H. U. & Silkoset, R. (2016). *Metode og dataanalyse.* Oslo: Cappelen.

Goddard, H. (1995). The benefits and costs of alternative sold waste management policies. *Resources, Conservation and Recycling,* 13. 183-213.

Hovland, K. M. (2017, 19. September). Søppelselskapets nedtur: Dette gikk galt for RenoNorden. *E24.* Hentet fra: https://e24.no/boers-og-finans/renonorden/soeppelselskapets-nedtur-dette-gikk-galt-for-renonorden/24144725

Koch, H., Henke, T., & Wäscher, G. (2016). A Genetic Algorithm for the Multi-Compartment Vehicle Routing Problem with Flexible Compartment Sizes. *Faculty of economics and management.*

Larsen, A, W., Vrgoc, M. & Christensen, T. H. (2009). Diesel consumption in waste collection and transport and its environmental significance. *Waste Management & Research*. 27(7), 652-659. Doi: 10.1177/0734242X08097636

Lin, C., Choy, K. L., Ho, G. T. S., Chung, S. H. & Lam, H. Y. (2008). Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and future trends. *Expert Systems with Applications.* 41(4), 1118-1138.

Muyldermans, L. & Pang, G. (2010). On the benefits of co-collection: Experiments with a multi-compartment vehicle routing algorithm. *European Journal of Operational Research.* 206(1), 99-103. Doi: 10.1016/j.ejor.2010.02.020

Norsk Gjenvinning, (2015). *Volum- og vektinformasjon.* Hentet fra: https://www.norskgjenvinning.no/tjenester/avfallstyper/volum-og-vektinformasjon/

Nguyen, T. T. T. & Wilson, B. G. (2010). Fuel consumption estimation for kerbside municipal solid waste (MSW) collection activities. *Waste Management & Research.* 28(4), 289-297. Doi: 10.1177/0734242X09337656

Raadal, L. H., Modahl, S. I. & Lyng, K. (2009). *Klimaregnskap for avfallshåndtering, Fase I og II.* (OR. 18.09). Hentet fra: https://www.ostfoldforskning.no/media/1197/1809.pdf

Rodrigues, S., Martinho, G. & Pires, A. (2016). Waste collection systems. Part A: a taxonomy. *Journal of cleaner production.* 113, 374-387. Doi: 10.1016/j.jclepro.2015.09.143

Saunders, M. N.K., Lewis, P., & Thornhill, A. (2012.) *Research Methods for Business Students*, UK: Pearson Education.

Sirkel. (2018). *Hjemmehenting/Returpunkt*. Hentet fra: https://www.sirkel.no/om-oss/

Sonesson, U. (2000). Modelling of waste collection – a general approach to calculate fuel consumption and time. *Waste Management & Research,* 18(2), 115-123.

Standard. (2018). *Miljøledelse – ISO 14000*. Hentet fra: https://www.standard.no/fagomrader/miljo-og-barekraft/miljostyring----iso-14000/

Syversen, F. (2015). *Scenarier for avfallsmengder og behandlingskapastitet fram mot 2030.* (Avfall Norge-rapport 4/2015). Hentet fra: https://www.avfallnorge.no/fagomraader-og-faggrupper/rapporter/scenarier-for-avfallsmengder-og-behandlingskapasitet-fram-mot-2030

Tanskanen, J. H. & Kaila, J. (2001). Comparison of methods used in the collection of source-separated household waste. *Waste Management & Research,* 19(6), 486-497. Doi: 10.1177/0734242X0101900604

Van Ewijk, S. & Stegemann, J. A. (2014). Limitations of the waste hierarchy for achieving absolute reductions in material throughput. *Journal of Cleaner Production.* 132, 122-128. Doi: http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.051

Waste & Resources Action Programme, (2006). *Environmental benefits of recycling.* Hentet fra: http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Environmental_benefits_of_recycling_2010_update.3b174d59.8816.pdf

Wu, H. & Dunn, C. S. (1995). Environmentally responsible logistics systems. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management.* 25(2), 20-38. Doi: doi-org.ezproxy.library.bi.no/10.1108/096000395100

# Vedlegg 1: Excellark Prøverute henteordning fra IR

**Bringe/Henteordning**:

| | **KG innsamlet** | **Innbyggere (2,7 pr husstand)** | **Kg pr innbygger pr år** | **Årlig mengde** | **Diff G/M** | **G/M % av Grønn i 2015** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bringeordningen i 2015 | | 95000 | 11,3 | 1 076 000 | | 27,59 % |
| Bringeordningen i 2017 | | | | | | |
| Prøveområde tømt i august (første tømming) | 4 620 | 1215 | 22,8 | 2 167 407 | 1 091 407 | |
| Prøveområde tømt i 14 oktober 2016 | 2 520 | 1215 | 12,4 | 1 182 222 | 106 222 | |
| Prøveområde tømt 9 desember 2016 | 2 920 | 1215 | 14,4 | 1 369 877 | 293 877 | |
| prøveområde tømt 3 februar 2017 | 2 660 | 1215 | 13,1 | 1 247 901 | 171 901 | |
| prøveområde tømt 31 | 2 911 | 1215 | 14,4 | 1 365 514 | 289 514 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| mars 2017 | | | | | | |
| Prøveområdet tømt fredag 26 mai | 2 900 | 1215 | 14,3 | 1 360 494 | 284 494 | |
| Prøveområde tømt fredag 21 juli | 3 040 | 1215 | 15,0 | 1 426 173 | 350 173 | |
| | 2 700 | 1215 | 13,3 | 1 266 667 | 190 667 | |
| Prøveområde tømt 11 jan 2018 | 3 760 | 1215 | 18,6 | 1 763 951 | 687 951 | |
| | | | | | | |
| **Antall beholdere** | **Gj.snitt** | | | **Gj.snitt** | **Gj.snitt** | |
| 469,1358025 | 2 926 | | | 1 372 850 | 296 850 | |
| **Resultat** | | | | | | |
| Bringeordning 2015 årlig mengde | 1 076 000 | | 1 076 000 | | | |
| Hentordning simulering | 1 372 850 | | 1 372 850 | | | |
| Økning i sortering | **27,588 %** | | 296 850 | | | |
| Økning mengde | | | | | | |
| Standardavvik Kg innsamlet | 665,7642634 | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gjennomsnitt Kg innsamlet | 3 115 | | | | | |
| Standardavvik Prøveområde tømt i august | 2,3 | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | 1,27588 | | | | | |
| **CO2 bespart ved økning i innsamling** | | | | | | |
| CO2 netto glass kg | 0,02 | | | | | |
| CO2 netto metall kg | 2,5 | | | | | |
| Bringeordning 2017 | 1048000 | | | | | |
| Henteordning 2017 | 1337122,24 | | | | | |
| Økning innsamling | 289122,24 | CO2 | | | | |
| Fordeling glass | 115648,896 | 2312,97792 | | | | |
| fordeling metall | 173473,344 | 433683,36 | | | | |
| CO2 Netto begge fraksjoner | | -431370,3821 | | | | |

## Vedlegg 2: HIM

# SV: Bacheloroppgave i miljølogistikk/ forespørsel om tall

MH

Magnus T. Hauge <magnus.t.hauge@him.as>

Reply all

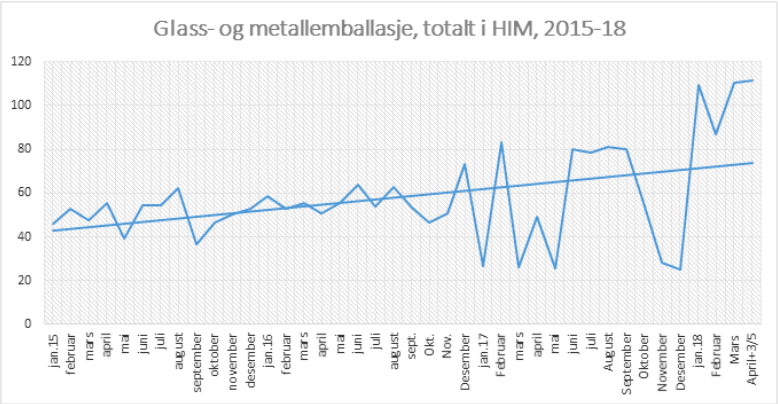
Fri 4.5, 14:50

You forwarded this message on 5.5.18 23:17

Viser til korrespondanse nedenfor.

Som du ser har vi sett en trend med økende mengder glass- og metallemballasje over flere år.
Imidlertid har vi sett markant høyere tall for januar-april i år. Noe av dette skyldes nok «duppen» i oktober-desember i fjor.
Vi begynte (så vidt) å dele ut beholdere ca. 15.08.17. De nye beholderne til glass- og emballasje ble imidlertid ikke tømt før januar/februar 2018 (vi opererer med 8- ukers tømmeintervll, slik at alle beholderne var tømt en gang ved utgangen av februar 2018. Eksisterende iglo- ordning ble tømt ut året. «duppen» på slutten av 2018, med tilsvarende høye tall i januar- februar 2018 skyldes nok derfor at beholderne i større og større grad ble tatt i bruk høsten 2017 og at dette først ble hentet inn på starten av året i år.

Dersom vi sammenligner perioden oktober 16- april 17, med samme periode i 17-18 ser vi imidlertid en markant økning.
Tallene fra april ineholder også en leveranse på 26,6 tonn som ble levert 3. mai. Dette er muligens ikke feil siden mengden er samlet inn i april. Imidlertid vil vi kunne forvente «bare» tre lass nå i mai pga. at lageret mye gått var tomt ved inngangen til mail. Tre lass tilsvarer ca. 80 tonn, og om vi «simulerer» inn et slikt tall for mai 2018 i forhold til 56 tonn i mai 2017 vil en komme ut med en økning på 52%.
Det er nok for tidlig å konkludere endelig, men slik det ser ut nå ser økningen ut til å være på rundt 50%.




| | Mengde | Snitt/mnd |
|---|---|---|
| Okt.17-april18 | 526 | 75 |
| Okt.16-april17 | 356 | 51 |
| Økn | 170 | 24 |
| Diff. % | 48 | 48 |
| | | |
| Est.2018 | 901 | |

Til orientering hadde vi 666 tonn i 2017
Dersom vi tar med april som ovenfor kommer vi fram til et estimat på 901 tonn for 2018, og dersom vi «simulerer» 55 tonn/to lass for mai (hvilket er lavt!) kommer vi ut med en estimert mengde på 995 tonn, altså + 50%.
Det må opplyses at totalmengden glass- og metallemballasje inneholdt 8,5% næringsavfall. Det antas at forholdet er det samme for 2018.05.04
Så oppsummert:
Det er for tidlig å konkludere endelig, men foreløpige tall tyder på en økning på rundt 50%.

M.v.h.

Magnus T. Hauge
Leder Info. & Plan- HIM
Tlf. 52765050/ Mob. 90120188
Internett; www.him.as  Facebook.com.himiks.no/

# Vedlegg 3: Transportkostnader

**Transportkostnader**:

| Prosjekt | | Konto | | Regnskap | Regnskap | Snitt | pr. km | Sentrumsrute |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 45 | Scania P410 Levanger XD 85395 | 7000 | DRIVSTOFF, FYRINGSOLJE | 136 163 | 98 680 | 117421,5 | | |
| 45 | Scania P410 Levanger XD 85395 | 7022 | DEKK / KJETTINGER | 35 358 | 19 783 | 27570,5 | 1,48 | 1,17 |
| 45 | Scania P410 Levanger XD 85395 | 7021 | REP/VEDLIKEHOLD | 47 793 | 4 770 | 26281,5 | 1,41 | 0,78 |
| 45 | Scania P410 Levanger XD 85395 | 7041 | MOTORVOGN AVGIFT OG BOMPENGER | 5 388 | 5 322 | 5355 | | |
| 206 | Scania XD 86577 2-kammer | 7000 | DRIVSTOFF, FYRINGSOLJE | 147 230 | 33 855 | 90542,5 | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Verdal | | | | | | | |
| 206 | Scania XD 86577 2-kammer Verdal | 7022 | DEKK / KJETTINGER | 6 503 | 41 600 | 24051,5 | 0,85 | |
| 206 | Scania XD 86577 2-kammer Verdal | 7021 | REP/VEDLIKEHOLD | 7 976 | 0 | 3988 | 0,14 | |
| 206 | Scania XD 86577 2-kammer Verdal | 7041 | MOTORVOGN AVGIFT OG BOMPENGER | 3 388 | 1 107 | 2247,5 | | |
| 408 | Renovasjonsbil VX 38775 | 7000 | DRIVSTOFF, FYRINGSOLJE | 159 477 | 149 586 | 154531,5 | | |
| 408 | Renovasjonsbil VX 38775 | 7022 | DEKK / KJETTINGER | 41 430 | 33 867 | 37648,5 | 1,55 | |
| 408 | Renovasjonsbil | 7021 | REP/VEDLIKEHOLD | 39 180 | 18 074 | 28 627 | 1,18 | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | VX 38775 | | | | | | | |
| 408 | Renovasjonsbil VX 38775 | 7041 | MOTORVOGN AVGIFT OG BOMPENGER | 4 414 | 6 326 | 5370 | | |
| SUM DEKK (SNITT) | | | | | | 29 757 | 1,29 | |
| SUM Drivstoff (SNITT) | | | | | | 120831,833 | | |
| SUM REP/VED (SNITT) | | | | | | 19 632 | 0,91 | |
| SUM AVGIFT (SNITT) | | | | | | 4324,16667 | | |
| SUM VK | | | | | | 170 221 | | |
| | | | | | | | | |
| Drivstoff | Total Distanse (KM) | Totalt volum (L) | Snittpris | Liter pr.km | Kost pr.km | Liter pr.mil | Kost pr. Mil | |
| XD86577 | 3813 | 2375,16 | 10,1138 | 0,623 | 6,299998219 | 6,22911094 | 62,99998219 | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| XD85395 | 2907 | 2107,4 | 10,1128 | 0,725 | 7,331171214 | 7,249398 | 73,31171214 | |
| VX38775 | 3262 | 2627,86 | 10,10184615 | 0,806 | 8,14 | 8,05597793 | 81,38024961 | |
| SNITT | | | | 0,718 | 7,256398131 | 7,17816229 | 72,56398131 | |
| Sentrumsrute | | | | 0,674 | 6,82 | | | |
| Perifer rute | | | 20,21776341 | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Faste Kost. | | | | | | | | |
| | Renovasjonsbil | AVS/2017 | Rentekostnader | Adminkost | Forsikring | Avgifter | SUM | |
| | Stjørdal x 2 Volvo | 654972 | 18568 | | 19739 | | | |
| | Levanger Scania | 316717 | 23944 | | 19739 | | | |
| | 2kammer Volvo | 314603 | 11892 | | 19739 | | | |
| | | | | | | | | |
| AVS | Snitt | 321573 | | | | | | |
| Rentekost | Snitt | | 13601 | | | | | |
| AdminKost | | | | 110520 | | | | |
| | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Forsikring | | | | | 19739 | | | |
| Avgifter | | | | | | 4 324 | | |
| SUM | | | | | | | 469757 | |
| SUM | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Lønnskostnader | Snitt Grunnlønn pr. arbeider | Overtid Avdeling | Sosial Kostnader | SUM | | | | |
| | 380 000 | 200 000 | 32 % | | | | | |
| SUM | | | | 554400 | | | | |
| | | | | | | | | |
| Tider | | | | | | | | |
| | Verdalsbilen | Levangerbilen | Volvo | Snitt 3-bilene | Sentrumsrute | | | |
| Driftstime | 7,6465 | 6,8855 | 8,4205 | 7,65 | 7,266 | | | |
| Tomgang | 0,196 | 0,279 | 1,475 | 0,2375 | 0,2375 | | | |
| Kjørte Km | 108,2 | 71,7 | 93,45 | 91,12 | 89,95 | | | |
| Kjøring | 3,486 | 2,389 | 2,922 | 2,93 | 2,9375 | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kraftuttak | 3,295 | 3,124 | 3,2095 | 3,2095 | 3,2095 | | | |
| Antall Ab | 348,7 | 488,15 | 290 | 375,62 | 418,425 | | | |
| Kjørte km årlig | 28132 | 18642 | 24297 | 23690,33 | 23387 | | | |
| | | | | | | | | |
| Antall AB ved 2 | 270,8125 | | | | | | | |
| Antall AB ved 3 | 520,7307692 | | | | | | | |
| Økning i AB ed økning i % | 47,99 | | | | | | | |

**Distansen**:

Distanse på turene er regnet ut som et gjennomsnitt av de registrerte kjørte km på de ulike turene. Disse lengdene er å finne i «Vedlegg X – Oversikt driftstimer»

**Tallene:** De variable kostnadene er basert på regnskapsrapporter fra tre biler som vi fikk tildelt av transportavdelingen til IR. De faste kostnadene samt lønnskostnadene er oppgitt gjennom møter med IR sine ansatte, hvor det ble gjennomgått flere excel-filer, som tilbydde denne informasjonen.

# Vedlegg 4: Standardruten

**Standardruten**:

| Faste Kostnader | | | Kjørte Km Årlig | | | Kalkulering Sentrumsrute | Perifer rute | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Avskrivning | 321573 | | 23690 | | FK | 469757 | 469757 | |
| Rente | 13601 | | | | | | | |
| Forsikring | 19739 | | | | Dekk | 27378 | 37660,35 | |
| Administrasjons | 110 520 | | | | Rep/ved | 18252 | 28670,46 | |
| Avgifter | 4324 | | | | Drivstoff | 159588 | 197777,58 | |
| Sum Faste Kostnader | 469757 | 1806,75769 | | | VK | 205218 | 264108,39 | |
| Faste Kostnader Pr. km | 19,82905854 | | | | | | | |
| | | | | | Lossetid | 2,878333333 | 2,878333333 | |
| Variable Kostnader | XD 86577 | XD 85395 | VX 38775 | Snitt | Lossetid 2 | 0,33 | 0,33 | |
| Reparasjon/vedlikehold | 3316,64662 | 33403,3695 | 27954,59294 | 21558,203 | Tid | 3 | 2,33625 | |
| Drivstoff | 149249,0557 | 173677,887 | 192792,5213 | 171906,488 | Tomkjøring | 0,2375 | 1,475 | |
| Dekkostnader | 20136,78 | 35061,6928 | 36720,01615 | 30560,5296 | Sum tid | 6,445833333 | 7,019583333 | |
| Sum Variable Kostnader | 172702,4854 | 242142,95 | 257467,1304 | 224025,221 | Lønn | 5497,8 | 3991,443077 | |
| Variable Kostnader pr. | 7,289998219 | 10,2211712 | 10,86802496 | 9,45639813 | Pr. år | 1429428 | 1037775,2 | 1950 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| km | | | | | | | | |
| | | | | | Liter pr. time | 9,411 | 10,730 | |
| Lønnskostnader | 554400 | 284,307692 | | | Total Sum | 2104403 | 1771640,59 | |
| | | | | | | | 1771640,59 | |
| Ruteopplegg | Sentrumsrute | | Perifer rute | | Timer tomkj. | 3,446 | 4,683 | |
| Lossetid pr. beholder | 15,7 sek | | 15,7 sek | | Liter tomkj. | 32,428 | 50,253 | |
| Lossetid Avfallsmottak | 20 Min/o,33h | | 20 Min/0,33h | | CO2 belastning | 250,38 | 316,727 | |
| Hastighet | 30 km/t | | 40km/t | | CO2 pr. beholder | 0,379 | 0,4799 | |
| Kjøretid | 2,9375 | | 2,922 | | CO2 per år for fraksjon | 98,54 | 124,7714208 | |
| Rutetid (h) | 7,266 | | 8,4205 | | | | | |
| Tomkjøring (h) | 0,2375 | | 1,475 | | | | | |
| Ukefrekvens | 5 | | 5 | | | | | |
| Antall uker pr. år | 52 | | 52 | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Distanse pr. tur i km | 90 | | 93,45 | 2,35 | | | | |
| | 23400 | | 24297 | | | | | |
| | | | | | | 250,37982 | | |

**Turkostnaden** på standardrutene er beregnet gjennom en vanlig transportkalkyle basert på (Faste kostnader + Variable kostnader) * kjørte km + Lønnskostnader * Tidsbruk. Dette fører til 2 årlige turkostnader, én for sentrumsruten og én for den perifere ruten, på hhv. 2104403 kr og 1771641 kr.

**Tallene:** Beregnet ut fra den informasjonen og de kalkulasjonene gjort i vedlegg 3.

# Vedlegg 5: Simuleringer

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sentrumsrute | | | | | | |
| Metode | Separat/Separate ruter | | | 2-kammerløsning/ Substitusjonsruter | | |
| Ukehenting. | 8 | 10 | 12 | 8 | 10 | 12 |
| FK | 1467,990625 | 1515,345161 | 1565,856667 | 1806,75769 | 1806,75769 | 1806,75769 |
| VK | | | | | | |
| Dekk | 631,8 | 526,5 | 421,2 | 112,32 | 93,6 | 74,88 |
| Rep/ved | 421,2 | 351 | 280,8 | 74,88 | 62,4 | 49,92 |
| Drivstoff | 3682,8 | 3069 | 2455,2 | 654,72 | 545,6 | 436,48 |
| VK | 4735,8 | 3946,5 | 3157,2 | 841,92 | 701,6 | 561,28 |
| Lossetid | 17,27 | 14,39166667 | 11,51333333 | Samme | Samme | Samme |
| Lossetid avfallsste | 1,98 | 1,65 | 1,32 | 1,98 | 1,65 | 1,32 |
| Tid | 18 | 15 | 12 | 3,2 | 2,666666667 | 2,133333333 |
| Tomkjøring | 1,425 | 1,1875 | 0,95 | Samme | Samme | Samme |
| Distanse pr. tur km | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| Kjørtekm | 540 | 450 | 360 | 540 | 450 | 360 |
| Ekstra pga. oppfylling | 0 | 0 | 0 | 96 | 80 | 64 |
| Total kjørtekm | | | | 636 | 530 | 424 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Hastighet | 30 km/t | 30 km/t | 30 km/t | 30 | 30 | 30 |
| Sum tid | 38,675 | 32,22916667 | 25,78333333 | 5,18 | 4,316666667 | 3,453333333 |
| Ekstra lønn pga tid. | | | | 4418,141534 | 3681,784611 | 2945,427689 |
| Lønn | 21991,19998 | 18325,99998 | 14660,79998 | | | |
| | 284,307692 | | | | | |
| Sum Kostnader Ekstra ruter | kr 281 949,91 | kr 237 878,45 | kr 193 838,57 | kr 52 600,62 | kr 43 833,85 | kr 35 067,08 |
| Totalt med Standardrute | kr 2 104 403,00 | | | | | |
| Sum Standard og ekstra | kr 2 386 352,91 | kr 2 342 281,45 | kr 2 298 241,57 | kr 2 157 003,62 | kr 2 148 236,85 | kr 2 139 470,08 |
| | 8971,251526 | kr 8 838,80 | kr 8 705,46 | kr 8 296,17 | kr 8 262,45 | kr 8 228,73 |
| Innsamlet tonn | 19097 | | | | | |
| Kost pr. Tonn | 4,20 | kr 4,06 | kr 3,93 | kr 3,77 | kr 3,71 | kr 3,65 |
| CO2 Standard | 65098,8 | | | | | |
| CO2 belastning år. År | 15024,52223 | 12520,43519 | 10016,34816 | 6974,535833 | 5812,121632 | 4649,60617 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CO2 pr. beholder pr. år | 45,52885525 | 37,94071271 | 30,35257017 | 10,56747853 | 8,806244897 | 7,044857833 |
| CO2 Sum pr. år | 80123,32223 | 77619,23519 | 75115,14816 | 72073,33583 | 70910,92163 | 69748,40617 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Perifer Rute | | | | | | |
| Metode | Separat/Separat rute | | | 2-kammerløsning/substitusjonsruter | | |
| Ukehenting. | 8 | 10 | 12 | 8 | 10 | 12 |
| FK | 1467,990625 | 1515,345161 | 1565,856667 | 1806,75769 | 1806,75769 | 1806,75769 |
| VK | | | | | | |
| Dekk | 869,085 | 724,2375 | 579,39 | 148,8 | 124 | 99,2 |
| Rep/ved | 661,626 | 551,355 | 441,084 | 113,28 | 94,4 | 75,52 |
| Drivstoff | 4564,098 | 3803,415 | 3042,732 | 781,44 | 651,2 | 520,96 |
| VK | 6094,809 | 5079,0075 | 4063,206 | 1043,52 | 869,6 | 695,68 |
| Lossetid | 17,27 | 14,39166667 | 11,51333333 | Samme | Samme | Samme |
| Lossetid avfallsste | 1,98 | 1,65 | 1,32 | 1,98 | 1,65 | 1,32 |
| Tid | 14,0175 | 11,68125 | 9,345 | 2,4 | 2 | 1,6 |
| Tomkjøring | 8,85 | 7,375 | 5,9 | Samme | Samme | Samme |
| Distanse pr. tur km | 93,45 | 93,45 | 93,45 | 93,45 | 93,45 | 93,45 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kjørtekm | 560,7 | 467,25 | 373,8 | 560,7 | 467,25 | 373,8 |
| Ekstra pga. oppfylling | 0 | 0 | 0 | 96 | 80 | 64 |
| Total kjørtekm | | | | 656,7 | 547,25 | 437,8 |
| Hastighet | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Sum tid | 42,1175 | 35,09791667 | 28,07833333 | 4,38 | 3,65 | 2,92 |
| Ekstra lønn pga tid. | | | | 2490,535382 | 2075,446152 | 1660,356921 |
| Lønn | 23948,65844 | 19957,21536 | 15965,77229 | | | |
| 284,307692 | | | | | | |
| Sum Kostnader Ekstra ruter | kr 315 114,58 | kr 265 515,68 | kr 215 948,35 | kr 35 340,55 | kr 29 450,46 | kr 23 560,37 |
| Totalt med Standardrute | kr 1 771 640,00 | | | | | |
| Sum Standard og ekstra | kr 2 086 754,58 | kr 2 037 155,68 | kr 1 987 588,35 | kr 1 806 980,55 | kr 1 801 090,46 | kr 1 795 200,37 |
| | kr 6 521,11 | kr 6 571,47 | kr 6 625,29 | kr 6 949,93 | kr 6 927,27 | kr 6 904,62 |
| | | | | | | |
| CO2 Standard | 82538,3 | | | | | |
| CO2 belastning år. År | 18940,17164 | 15783,47637 | 12626,78109 | 9964,8629 | 8407,480675 | 6642,27981 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CO2 pr. beholder pr. år | 57,39445952 | 47,82871626 | 38,26297301 | 15,09827712 | 12,73860708 | 10,06406032 |
| CO2 Sum pr. år | 101478,4716 | 98321,77637 | 95165,08109 | 92503,1629 | 90945,78068 | 89180,57981 |
| 19097 | | | | | | |
| Co2 pr. tonn innsamlet | 5,31 | 5,15 | 4,98 | 4,84 | 4,84 | 4,67 |
| Kammerutnyttelse SR | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 |
| V/vanlig Rest | 73,82 % | 73,82 % | 73,82 % | 89,20 % | 83,14 % | 83,14 % |
| V/vanlig Papp | 69,15 % | 69,15 % | 69,15 % | 83,13 % | 83,13 % | 77,62 % |
| V/separat Metall | 1,21 % | 1,45 % | 1,81 % | 23,77 % | 24,01 % | 24,37 % |
| V/Metall ist. Mat, M/papp | | | | | | |
| V/Metall ist. Mat, M/Rest | | | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Sentrumsrute | | | | | |
| Metode | Mat hver 3. Med separat/Hybridruter | Mat Hver 3. Med Retur/hybridruter | 3.Kammer løsninger/Trekammer ruter | | |
| Ukehenting | 12 | 12 | 12 - Mat | 4-MG/Rest | 9-Rest |
| FK | 1677,703571 | 1806,75769 | 1806,75769 | 1806,75769 | 1806,75769 |
| Vk | | | | | |
| Dekk | 210,6 | 37,44 | 124,02 | 105,3 | 105,3 |
| Rep/ved | 140,4 | 24,96 | 82,68 | 70,2 | 70,2 |
| Drivstoff | 1227,6 | 218,24 | 722,92 | 613,8 | 613,8 |
| VK | 1578,6 | 280,64 | 929,62 | 789,3 | 789,3 |
| Lossetid | 5,756666667 | Samme | 5,756666667 | 5,756666667 | 2,87833333 |
| Lossetid Avfallssted | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,33 | 0,33 |
| Tid | 6 | 1,066666667 | 3,533333333 | 3 | 3 |
| Timkjøring | 0,475 | Samme | 0,2375 | 0,2375 | 0,2375 |
| Distanse pr. tur km. | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kjørte km | 180 | 180 | 106 | | |
| Ekstra pga. oppfylling | Ingen | 32 | 16 | | |
| Totalt kjørte km | 180 | 212 | | | |
| Hastighet | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Sum tid | 12,89166667 | 1,726666667 | 10,1875 | 9,324166667 | 6,44583333 |
| Eksra lønn pga tid. | | 1472,713845 | 8689,153837 | 7952,796914 | 5497,79999 |
| Lønn | 7330,399992 | | | | |
| | | | | | |
| Sum Kost ekstra ruter | kr 105 867,04 | kr 17 533,54 | kr 11 425,53 | kr 10 548,85 | 7307,43602 |
| Totalt m/standardrute | | | 1485319,098 | 421954,1842 | 657669,242 |
| Sum standard og ekstra | kr 2 210 270,04 | kr 2 121 936,54 | kr 2 564 942,52 | | |
| | kr 8 436,15 | kr 8 161,29 | kr 9 865,16 | | |
| Innsamlet Tonn | 19097 | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $CO_2$ pr. tonn | kr 3,67 | kr 3,53 | kr 4,31 | | |
| $CO^2$ Standard | | 21713,68 | | | |
| $CO^2$ Belastning år | 5008,174078 | 2325,689131 | 46883,01 | 12931,01642 | 22536,7833 |
| $CO^2$ pr. behlder pr. år | 15,17628508 | 3,52377141 | 47,36 | 13,06163274 | 34,1466414 |
| $CO^2$ Sum pr. år | 70106,97408 | 67424,48913 | 82350,81 | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Perifer rute | | | | | |
| Metode | Mat hver 3. Med separat/Hybridrute | Mat Hver 3. Med Retur/Hybridrute | 3.Kammer løsninger/Tre kammer rute | | |
| Ukehenting | 12 | 12 | 12 - Mat | 4-MG/Rest | 9-Rest |
| FK | 1565,856667 | 1806,75769 | 1806,75769 | 1806,75769 | 1806,75769 |
| VK | | | | | |
| Dekk | 289,695 | 49,6 | 169,6475 | 144,8475 | 144,8475 |
| Rep/ved | 220,542 | 37,76 | 129,151 | 110,271 | 110,271 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Drivstoff | 1521,366 | 260,48 | 890,923 | 760,683 | 760,683 |
| VK | 2031,603 | 347,84 | 1189,7215 | 1015,8015 | 1015,8015 |
| Lossetid | 5,756666667 | Samme | 5,756666667 | 5,756666667 | 2,87833333 |
| Lossetid avfallssted | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,33 | 0,33 |
| Tid | 4,6725 | 0,8 | 2,73625 | 2,33625 | 2,33625 |
| Tomkjøring | 2,95 | Samme | 1,475 | 1,475 | 1,475 |
| Distanse pr. tur km | 93,45 | 93,45 | 93,45 | 93,45 | 93,45 |
| Kjørte km | 186,9 | 186,9 | 109,45 | | |
| Ekstra pga. oppfylling | 0 | 32 | 16 | | |
| Total kjørte km | 186,9 | 218,9 | | | |
| Hastighet | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Sum tid | 14,03916667 | 1,46 | 10,62791667 | 9,897916667 | 7,01958333 |
| Ekstra lønn pga tid. | | 830,1784606 | 9064,795375 | 8442,161529 | 5987,16461 |
| Lønn | 7982,886145 | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Sum Kostnader Ekstra | kr 115 803,46 | kr 11 780,18 | kr 12 061,27 | kr 11 264,72 | 8809,7238 |
| Totalt med standardrute | | | kr 1 567 965,69 | kr 450 588,83 | 792875,142 |
| Sum Standard og ekstra | kr 1 887 443,46 | kr 1 783 420,18 | kr 2 811 429,66 | | |
| | kr 6 740,87 | kr 6 859,31 | kr 10 813,19 | | |
| | | | | | |
| | | | kr 1 039 789,66 | | |
| $CO^2$ Belastning år | 6313,390547 | 3321,428542 | 57092,96 | 15949,95509 | 28410,2575 |
| $CO^2$ pr. beholder pr. år | 19,13148651 | 5,032467488 | kr 57,67 | 16,11106574 | 43,0458446 |
| $CO^2$ Sum pr. år | 88851,69055 | 85859,72854 | 101453,17 | | |
| | | | | | |
| $CO^2$ pr. Tonn innsamlet | 4,65 | 4,50 | 5,31 | | |

| Kammerutnyttelse SR | L7 | L8 | L9 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| V/Vanlig rest | 75,70 % | 79,97 % | 73,82 % | | |
| V/Vanlig papp | 71,03 % | 74,9 % | 69,15 % | | |
| V/Separat metall | 1,81 % | 26,25 % | 75,63 % | | |
| V/Metall ist. Mat, M/Papp | 48,39 % | 52,28 % | | | |
| V/Metall, ist. Mat, M/Rest | 53,06 % | 57,34 % | | | |

**Turkostnaden** på standardrutene er beregnet gjennom en vanlig transportkalkyle basert på (Faste kostnader + Variable kostnader) * kjørte km + Lønnskostnader * Tidsbruk. Dette fører 9 ulike turkostnader. Fokuset på mange av rutene er økningen i kjørte km som følge av valg av løsningen.

# Vedlegg 6: Omregning Volum

**Omregning Volum**:

| Fraksjon | Metall | Glass | Matavfall | Restavfall (T) (K) | Restavfall (V) (K) | Restavfall Blandet | Plast | Papp (K) | Papp | Papir |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vekt pr. M3 | 8000 kg | 400 kg | 500 kg | 350 kg | 450 kg | 125 kg | 400 kg | 150 kg | 50 kg | 125 kg |
| Vekt (KG) pr. L | 8 | 0,4 | 0,5 | 0,35 | 0,45 | 0,125 | 0,4 | 0,15 | 0,05 | 0,125 |
| | | | | | | | | | | |
| Fraksjon | Metall og glass | Matavfall | Papp/Papir/Plast | Restavfall | Utsortert Plast | | 0,4 | | | |
| Innsamlet 2017 | 1 048 000 | 6 160 000 | 5 108 000 | 6 707 000 | 518 000 | | 0,4 | | | |
| Innsamlet 2016 | 996 000 | 6 261 000 | 5 126 000 | 6 691 000 | 535 000 | | | | | |
| Innsamlet 2015 | 1 076 000 | 6 397 000 | 5 200 000 | 6 683 000 | | | | | | |
| Innsamlet 2014 | 942 000 | 6 202 000 | 5 229 000 | 6 561 000 | | | | | | |
| Snitt | 1 015 500 | 6 255 000 | 5 165 750 | 6 660 500 | 526 500 | 19 097 | | | | |
| Kg pr. husstand Årlig | 28,86 | 177,77 | 146,82 | 189,30 | 15 | | | | | |
| | 36,82 | | | 181,73 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Antall Hentinger i året | 4 | 26 | 13 | 13 | 13 | | | | | |
| Kg pr. henting | 9,21 | 6,84 | 11,29 | 13,98 | 1,15 | | | | | |
| L pr. henting | 1,10 | 13,67 | 28,23 | 31,06 | 2,88 | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Antall Husstander | 35185 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| L pr. tur i snitt | 361,6407381 | 4512,7166 | 9317,172571 | 10251,23757 | 949,6184211 | | | | | |
| Papp Uten plast | | | 8367,55415 | | | | | | | |
| Kapasitet 30 % | 6000 | | | | 0,379847368 | | | | | |
| Kapasitet 70 % | 14000 | | | | | | | | | |
| Kapasitet 25% | 5000 | | | | | | | | | |
| Kapasitet 55% | 11000 | | | | | | | | | |
| Kapasitet 20 % | 4000 | | | | | | | | | |
| Kapasitet 100% | 20 000 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

| Kammerutnyttelse SR | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 | L8 | L9 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V/vanlig Rest | 73,82 % | 73,82 % | 73,82 % | 89,20 % | 83,14 % | 83,14 % | 75,70 % | 79,97 % | 73,82 % | |
| V/vanlig Papp | 69,15 % | 69,15 % | 69,15 % | 83,13 % | 83,13 % | 77,62 % | 71,03 % | 74,9 % | 69,15 % | |
| V/separat Metall | 1,21 % | 1,45 % | 1,81 % | 23,77 % | 24,01 % | 24,37 % | 1,81 % | 26,25 % | 75,63 % | |
| V/Metall ist. Mat, M/papp | | | | | | | 48,39 % | 52,28 % | | |
| V/Metall ist. Mat, M/Rest | | | | | | | 53,06 % | 57,34 % | | |
| | | | | | | | | | | |
| Perifer rute | | | | | | | | | | |
| Papp | 3,34702166 | 3,72686903 | 4,037441448 | | 4,844929736 | 4,40448158 | | | | |
| Metall | | 1,9287506 | 2,314500724 | 2,893125905 | | | | | | |
| Mat | | 2,22563583 | 2,44438816 | | | | | | | |
| Rest | | 4,613056 | 4,997478317 | | 5,9969739 | 5,4517945 | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 91 | | | 78 | 28 | | | | |
| Kammerutnyttelse SR | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 | L8 | L9 | |
| V/vanlig Rest | 953,56 | 960,92 | 968,79 | 844,49 | 902,2901775 | 899,3399716 | 955,143106 | 921,6948492 | 1581,17793 | |
| V/vanlig Papp | 1095,52 | 1103,98 | 1113,03 | 982,09 | 979,7335072 | 1041,402372 | 1092,30094 | 1058,208934 | 1816,57811 | |
| V/separat Metall | 3381,00 | 2839,26 | 2290,01 | 1671,47 | 1525,784504 | 1348,88482 | 2329,96082 | 1285,079518 | 1111,11709 | |
| V/Metall ist. Mat, M/papp | | | | | | | 1018,25909 | 989,6924236 | | |
| V/Metall ist. Mat, M/Rest | | | | | | | 898,042343 | 869,2781703 | | |
| | 6521,11 | 6571,47 | 6625,29 | 6943,93 | 6927,27 | 6904,62 | 6740,87 | 6859,13 | 10813,19 | |
| Sentral Rute | | | | | | | | | | |
| Kammerutnyttelse SR | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 | L8 | L9 | |
| V/vanlig Rest | 1311,84 | 1292,47 | 1272,90 | 1008,95 | 1076,1999 | 1071,8078 | 1195,354 | 1096,6724 | 1442,550 | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 28 | 34 | 68 | 58 | 55 | |
| V/vanlig Papp | 1507,14 | 1484,89 | 1462,41 | 1173,34 | 1168,569886 | 1241,113768 | 1367,00671 | 1259,10283 | 1657,31238 | |
| V/separat Metall | 4651,33 | 3818,88 | 3008,86 | 1996,97 | 1819,86817 | 1607,562615 | 2915,92909 | 1529,043278 | 1013,70159 | |
| V/Metall ist. Mat, M/papp | | | | | | | 1274,34388 | 1177,578917 | | |
| V/Metall ist. Mat, M/Rest | | | | | | | 1123,89349 | 1034,304823 | | |

**Tonnkostnadene** er kalkulert gjennom turkostnaden for de ulike rutene, dividert på antall tonn fraktet ved gitt utnyttelsesgrad. Problemet er dog at bilen ikke vil ha en slik utnyttelsesgrad som tabellen viser i løpet av hele kjøreturen. Utnyttelsesgraden som her vises er den maksimale når alt søppel er hentet inn.

**Utnyttelsesgraden** er kalkulert gjennom antall L avfall innsamlet pr. tur, avhengig av løsning, dividert på full kapasitet, som er 20 000 L, oppgitt av bedriften.

**Komprimeringsgrad/Volum**: Komprimeringsgrad var noe vanskelig å finne ut fra informasjon hos bedriften. Komprimeringstall er derfor tatt fra Norsk Gjenvinning, hvor det er oppgitt komprimeringsgraden for de ulike avfallstypene. Volumet er så utregnet ut fra etterspørselen av en fraksjon i kg, for så å omgjøre denne til L ved hjelp av konverteringsfaktorene, slik at man får L pr. beholder (henting). Hvis man multipliserer antall L pr. henting med antall beholdere (330), ender vi opp med et forventet volum får vær tur, avhengig av valgt løsning.

# Vedlegg 7: Oversikt Driftstimer

**Oversikt driftstimer:**

| Oversikt driftstimer | | | | | nov/des | 2017 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| Uke / dato | Verdalsbil`n (Rute 08) | | scania (86577) | | | |
| Uke 48 | Driftstimer | tomgang | aktivering kraftuttak | kjøring | Kjørte km | Antall ab. |
| 27.11. | 7.11 | 0,21 | 3,48 | 3,01 | 73 | 428 |
| 28.11. | 7.18 | 0,14 | 3,33 | 3,31 | 94 | 301 |
| 29.11. | 6.11 | 0,11 | 2,38 | 3,22 | 94 | 271 |
| 30.11. | 9.44 | 0,13 | 3,11 | 6,20 | 238 | 160 |
| 01.12. | 6.13 | 0,12 | 2,23 | 3,38 | 119 | 207 |
| Uke 49 | | | | | | |
| 04.12. | 7.31 | 0,28 | 3,14 | 3,49 | 106 | 265 |
| 05.12. | 7.51 | 0,26 | 4,51 | 2,35 | 50 | 607 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 06.12. | 6.55 | 0,3 | 3,53 | 2,32 | 50 | 514 |
| 07.12. | 9.45 | 0,29 | 5,01 | 4,15 | 116 | 555 |
| 08.12. | 6.19 | 0,12 | 2,23 | 3,43 | 141 | 179 |
| Uke 50 | | | | | | |
| 11.12. | 7.07 | | | | 83 | |
| 12.12. | 7.28 | | | | 95 | |
| 13.12. | 6.28 | | | | 95 | |
| 14.12. | 7.25 | | | | 183 | |
| 15.12. | 6.16 | | | | 119 | |
| Uke 51 | | | | | | |
| 18.12. | 6.30 | | | | 97 | |
| 19.12. | 7.31 | | | | 48 | |
| 20.12. | 12.59 | | | | 82 | |
| 21.12. | 13.35 | | | | 143 | |
| 22.12. | 6.36 | | | | 138 | |
| | | | | | | |
| Sum abonnenter | | | | | | 4881,5 |

| Uke/dato | Levangsbil`n | | scania Rute (09) XD85395 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Uke 48 | Driftstimer | tomgang | aktivering kraftuttak | kjøring | Kjørte km | Antall ab. |
| 27.11 | 6.37 | 0,33 | 3,15 | 2,50 | 84 | 478 |
| 28.11 | 6.20 | 0,29 | 3,33 | 2,18 | 44 | 560 |
| 29.11 | 6.02 | 0,27 | 3,28 | 2,06 | 44 | 563 |
| 30,11 | 6.18 | 0,23 | 3,1 | 2,45 | 90 | 421 |
| 01.12 | 5.21 | 0,17 | 2,52 | 2,11 | 71 | 378 |
| Uke 49 | | | | | | |
| 04,12 | 7.01 | 0,28 | 3,39 | 2,54 | 63 | 573 |
| 05,12 | 6.59 | 0,36 | 4,04 | 2,18 | 46 | 542 |
| 06,12 | 6.15 | 0,24 | 2,13 | 3,37 | 102 | 216 |
| 07,12 | 6.25 | 0,33 | 3,17 | 2,35 | 61 | 486,5 |
| 08, 12 | 5.57 | 0,29 | 3,13 | 2,15 | 49 | 664 |
| Uke 50 | | | | | | |
| 11,12 | 6.47 | | | | 72 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 12,12 | 6.30 | | | | 52 | |
| 13,12 | 5.32 | | | | 40 | |
| 14,12 | 9.00 | | | | 137 | |
| 15,12 | 4.45 | | | | 54 | |
| Uke 51 | | | | | | |
| 18,12 | 7.18 | | | | 62 | |
| 19,12 | 7.00 | | | | 44 | |
| 20,12 | 11.39 | | | | 138 | |
| 21,12 | 13.51 | | | | 115 | |
| 22,12 | 5.54 | | | | 66 | |
| | | | | | | |
| Sum Abonnenter | | | | | | 4881,5 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Uke/dato | 2-kammerbil`n | | volvo (Rute 10) | | VX38755 | | Snitt kraftutakk | Nytt tomgang |
| Uke 48 | Driftstimer | tomgang | kraftuttak | kjøring | Kjørte km | Antall ab. | 3,2095 | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27,12 | 8,03 | 3,59 | 1,24 | 2,39 | 62 | 346 | | 2,4305 |
| 28,12 | 7,29 | 3,29 | 1,05 | 2,55 | 76 | 275 | | 1,5305 |
| 29,12 | 7,42 | 3,21 | 1,06 | 3,15 | 103 | 297 | | 1,0605 |
| 30,12 | 7,05 | 2,52 | 0,5 | 3,23 | 114 | 216 | | 0,6105 |
| 01,12 | 7,35 | 3,20 | 1,09 | 3,06 | 83 | 286 | | 1,0805 |
| Uke 49 | | | | | | | | |
| 04,12 | 8,21 | 4,0 | 1,24 | 2,58 | 66 | 358 | | 2,4205 |
| 05,12 | 6,52 | 3,39 | 0,37 | 2,36 | 71 | 166 | | 0,9505 |
| 06,12 | 8,36 | 3,45 | 1,11 | 3,39 | 103 | 316 | | 1,7605 |
| 07,12 | 8,29 | 3,58 | 1,17 | 3,14 | 77 | 372,5 | | 1,9405 |
| 08,12 | 7,37 | 3,04 | 0,56 | 3,37 | 101 | 267,5 | | |
| -Uke 50 | | | | | | | | |
| 11,12 | 8.46 | | | | 62 | | | snitt |
| 12,12 | 8.42 | | | | 77 | | | 1,475 |
| 13,12 | 7.40 | | | | 103 | | | |
| 14,12 | 7.31 | | | | 116 | | | |
| 15,12 | 7.51 | | | | 97 | | | |
| Uke 51 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18,12 | 8.13 | | | | 66 | | | |
| 19,12 | 6.44 | | | | 71 | | | |
| 20,12 | 17.17 | | | | 178 | | Innkjøringsdag | |
| 21,12 | 14.19 | | | | 139 | | Innkjøringsdag | |
| 22,12 | 7.49 | | | | 104 | | | |
| Sum Abonnenter | | | | | | | 2900 | |

**Tallene**: Tatt fra kjørerapporter gitt fra de tre bilene, som IR målte over en 2 ukers periode.

# Vedlegg 8: Antall beholdere og lossetid

**Tallene**: Er beregnet fra IR sine filer knyttet til rutekjøringen, som bl.a. viser de ulike rutenes forventede antall beholdere. Lossetiden har grunnlag i vedlegg 7 – «Oversikt Driftstimer»

| Verdal Sum Mat | Levanger 1 Sum Mat | Lev 2 Sum Mat | Verdal Sum Rest | Lev 1 sum Rest | Lev 2 Sum Rest | Verdal sum Papp | Lev 1 Sum Papp | Lev 2 Sum Papp |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3020 | 3915 | 2487 | 3440 | 4219 | 2758 | 3426 | 3915 | 2560 |
| 302 | 391,5 | 248,7 | 344 | 421,9 | 275,8 | 342,6 | 391,5 | 256 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Snitt Beholder Pr. Fraksjonpr. Rute | | | | | | | | |
| Mat | 314 | | | | | | | |
| Rest | 347 | | | | | | | |
| Papp/Papir | 330 | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prognose For ny Metall og glass Beholder | 330 | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Snitt Kraftuttak Timer | 3,2095 | | | | | | | |
| Kraftuttak uten avlastningstid 20 min | 2,8795 | | | | | | | |
| Lossetid pr. beholder. Timer | 0,008725758 | | | | | | | |
| Lossetid pr. beholder. Minutt | 0,523545455 | | | | | | | |
| Lossetid pr. beholder. Sekunder | 31,41272727 | | | | | | | |

# Vedlegg 9: Litteraturmatrise

| Tittel og forfatter | Fokus | Tilnærming | Resultater |
|---|---|---|---|
| **Miljø** | | | |
| Bø, E., Flygansvær, B. & Grønland, E. S. (2012). *Miljøvennlig innsamling av avfall – en studie av nye renovasjonstekniske løsninger* | Forsket på ulike innsamlingssystemer med hovedvekt på transportløsningene. Og ser på deres betydninger for kostnader og $CO_2$-utslipp. | Analysert effektivitet i renovasjonsløsningen for en gitt kommune, for så å sammenligne renovasjonsløsningene i to kommuner. Til sist er det vurdert effektivitet på nasjonalt nivå, hvor miljøeffektivitet har særlig relevans | Tre hoveddrivere som er vesentlig for effektivitet i et system. Antall beholdere, transportkapasitet og hentefrekvens. |
| Lin, C., Choy, K. L., Ho, G. T. S., Chung, S. H. & Lam, H. Y. (2008). Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and future trends | En ruteoptimalisering som fokuserer på miljøvennlig transport | Benyttet en klassifisering av Grønt VRP, og analysere de ulike optimaliseringsvariantene med tanke på miljøutslipp | Fant flere fremtidige trender på fagområdet. Konkluderte også med at hastighet, vekt og distanse er de viktigste faktorene ved dieselforbruk. |
| Sonesson, U. (2000). Modelling of waste | Lage en modell for å kalkulere tid og | Brukte matematiske metoder og programvare for å kalkulere tids- og | Fikk en modell som ved detaljert inndata kan kalkulere presise bruken av tid og energi i |

| | | | |
|---|---|---|---|
| collection – a general approach to calculate fuel consumption and time | energikonsumering i innsamlingen av avfall | energibruket. | avfallsinnsamlingen. |
| Nguyen, T. T. T. & Wilson, B. G. (2010). Fuel consumption estimation for kerbside municipal solid waste (MSW) collection activities | Så på dieselforbruket ved forskjellige biler hos husholdningsinnsamlinger, og tettheten til husholdningene. | Benyttet GPS data og diesel rapporter, for å kalkulere dieselforbruk ved ulike husholdningers tetthet i beboelse. | Mekaniserte innsamlings biler har mindre potensiale til å redusere drivstofforbruk. Sjåfører bør kjøre de optimale rutene for å redusere drivstofforbruket. |
| Larsen, W. A., Vrgoc, M. & Christensen, H. T. (2009). Diesel consumption in waste collection and transport and its environmental significance | Presenterer data på konsumeringen av diesel per tonn avfall innsamlet og ser på utslipp i et LCA-perspektiv | Benyttet en formel for diesel forbruk i innsamlingsfasen av avfall og programmeringsvare «TEMA2000». | Fant at dieselforbruket varierte fra 1,4 – 10,1 L per tonn innsamlet avfall. |
| Tanskanen, J. H. & Kaila, J. (2001). Comparison of | Ser på effektiviteten til 4 ulike innsamlingsmetoder, | Studerte systemets kostnader, diesel forbruket og arbeidstimer. Så på et | Økonomisk effektivitet ved innsamling kan økes ved en «mikse-metode», hvor samme |

| | | | |
|---|---|---|---|
| methods used in the collection of source-separated household waste. | ved kildesortering av husholdningsavfall | område i Helsinki med 920 000 innbyggere, og simulerte på de ulike metodene. | beholder ble brukt til å samle restavfall, matavfall og energiavfall. |
| Eggen, E. (2014). *Kostnader for utsortering av gjenvinningsfraksjoner*. | En analyse av kostnadene forbundet med separat håndtering av gjenvinningsfraksjoner. | Beregner marginalkostnad til virksomhetenes i alle de syv renovasjonsaktivitetene:; oppsamlingssystem, innsamling, gjenvinningsstasjoner, sentralsortering, behandling, kunder & service og støtte. Deretter brukt to kostnadsmodeller til å gi utgangspunkt for å bedømme fraksjonspriser, som må til for å gi virksomheten kostnadsdekning | Konkluderte med marginale enhetskostnader for avhallshåndtering, og endte opp med merkostnaden for håndteringer av separate fraksjoner. |
| Syversen, F. (2015). *Scenarier for avfallsmengder og behandlingskapastitet fram mot 2030.* | Vil se på fremtidige scenarioer for avfallsstrømmer i Norge frem mot 2030 | Det er bygd opp en modell for å etablere et materialregnskap for sentrale deler av avfallsstrømmene hvor det er et vesentlig potensial for økt utsortering og materialgjenvinning | Kan forventes en vesentlig vekst i totale avfallsmengder dersom effektive tiltak for forebyging ikke iverksettes. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Arnøy, S., Modahl, S. I. & Lyng, K. (2013). *Klimaregnskap for Renovasjonsselskapet Envina i 2010*. | Ønsket å gjennomføre et felles prosjekt der avfallsbehandling for ulike avfallstyper og transport for innsamling av avfall. | Benyttet modell utviklet i prosjektet «Klimaregnskap for avfallshåndtering for Avfall Norge i 2009», og lagde en livløpsmetodikk modell i henhold til ISO14044.<br>Modellen består av tre ulike dimensjoner; transport, behandling og erstatning av energi/materiale | Innsamling og materialgjenvinning for papir og metall gir klimagevinst. Innsamling og materialgjenvinning av glass gir klimabelastning. Innsamling og avfallsbehandling av restavfall gir størst klimabelastning. |
| Van Ewijk, S. & Stegemann, J. A. (2014). Limitations of the waste hierarchy for achieving absolute reductions in material throughput. *Journal of Cleaner Production* | Diskuterer avfallshierarkiet og dets begrensinger, samt ulike strategier for håndtering av avfall. | Ser på de ulike metoder for avfallsforebygging og håndtering som kan redusere materialgjennomstrømming. | Absolutt reduksjon krever strengere spesifikasjon av alternativer og mål. Dematerialisering trenger en overordnet strategi, inkludert avfall.<br>Klassifisering av avfall, og oppsamlingspraksis, må vurderes ettter avfallsmengde og type. |
| **Kammer** | | | |
| Muyldermans, L. & Pang, | Teste forskjellen på | Bruker metaheuristikker og "lokalt søk | Flerkammerløsninger var mest effektive ved |

| | | | |
|---|---|---|---|
| G. (2010). On the benefits of co-collection: Experiments with a multi-compartment vehicle routing algorithm | effektiviteten hos flerkammer biler opp mot separat innsamling, og når flerkammer var mest effektiv | prosedyre".<br><br>Benytter seg også av beregningsprogrammer ved P | flere fraksjoner pr kunde og ved et mer sentralisert depot. |
| | | | |
| Koch, H., Henke, T., & Wäscher, G. (2016). A Generic Algorithm for the Multi-Compartment Vehicle Routing Problem with Flexible Compartment Sizes | Finne en algoritme for å løse MCVRP problemet med tanke på fleksible kammerløsninger | Brukte en matematisk modell basert på kontinuerlig teorigrunnlag og problemer fra 1981-2015 | Fant at fleksible kammerløsningkunne redusere reiseavstanden opptil 31 %.<br><br>Fant at fleksible kammerløsninger som regel mer effektive enn diskrete kammer. |
| **Transportdistanse** | | | |
| Das, S., & Bhattacharyya, B. Kr. (2015). Optimization of municipal solid waste collection and transportation routes | Foreslår en optimal innsamling og transport av kommunalt fast avfall med minimering av distanse. | Formulerer problemet til et blandet heltallsprogram.<br>Bruker simuleringer og heuristikker | Fant en måte å redusere 30 % av den totale avstanden ved avfallsinnsamlingen. |

# Vedlegg 10 – L8 Resultat

| | |
|---|---|
| Kostnad dagens løsning, standardrute | 23.148.433 |
| Økning Kost Ved L8 | 169.536,06 |
| Økning i % | 0,73 % |
| | |
| Kostnad dagens løsning, perifer rute | 19.488.040 |
| Økning Kost ved L8 | 106.242,06 |
| Økning i % | 0,55 % |
| | |
| Klimagevinst Standardrute L8 | 408.097 |
| Tilsvarende antall L spart ved standardrute | 151.708,9219 |
| Kjørte km spart ved L8 standardrute | 225.087,4213 |
| | |
| Klimagevinst perifer rute L8 | 397.152 |
| Tilsvarende antall L spart ved perifer rute | 147.640,1487 |
| Kjørte km spart ved L8 perifer rute | 205.626,948 |

# Vedlegg 11 – Intervjuguide Avfall Norge

Informasjon (5 min):

- Forklarer målet for intervjuet.
- Presenterer problemstilling og formål med oppgaven
- Forklarer arbeidet som har blitt gjort så langt
- Planer for videre arbeid med oppgaven
- Informasjon om opptak med samtykke.

*Det overordnede: 10 min*

**Introduksjon:**

- Deres erfaringer innenfor feltet
- Hva dere anser som de viktigste hensynsfaktorene ved en slik oppgave.

**Miljøeffekten:**

- Hva ser dere på som de viktigste effektene av en forbedret innsamling? (redusert utslipp, økt resirkulering, utnyttelse av materialene?
- Forslag til mer «grønn» organisering av avfallssystemet bortsett fra reduserte transportavstander

---

*Det mer fokuserte: 10 Min*

**Materialgjenvinningen:**

- 66 % av glass og 70 % metallet er potensialet når avfallstypen er sortert. Hva er dette potensialet?
- Finnes det viktigere avfallstyper som må prioriteres? Eks: Metall sin utnyttelse er viktigere enn mat?
- Hvordan tar kommunene hensyn til farlig avfall

**Glassigloer:**

- Har dere prøvd å øke antall glassigloer, effekten av dette på resirkuleringen
- Kostnader knyttet til denne løsningen

**Tidligere løsninger:**

- Har dere tall på ledende kommuner og hvordan deres avfallssystem er organisert?
  - Er de unike sammenlignet med resterende?
- Kostnader til kundene, varierer dette med hensyn på kommuner?
  - Kostnader knyttet til containere, avfallssug, dypcontainere, introduksjon av én enhet til ved plastbeholdere.

---

*Det spesielle: 30 min*

**Nøkkelspørsmål:**

- Utfordringer med å øke antall fraksjoner og kammer tidligere
- Hvor mye av avfallet sorteres, Hvor mye % av metall og glass havner i restavfall
- Tidligere fallgruver ved tidligere utprøvde nyvinninger i "avfallssystemet sin organisering"

**Oppsummering:**

- Oppsummerer funn
- Har jeg forstått deg riktig?
- Noe du ønsker å tilføye?

## Vedlegg 12 – Intervjuguide Østfoldforskning

*Informasjon 5min :*

- Forklare målet for intervjuet.
- Presentere problemstilling og formål med oppgaven.
- Forklare arbeidet som har blitt gjort så langt.
- Planer for videre arbeid med oppgaven.
- _____

*Det overordnede: 10min*

**Introduksjon**

- Deres erfaringer innenfor feltet.
- Hvilke forutsetninger som er sentrale i en slik oppgave.

*Det mer fokuserte: 30min*

**Kildesortering:**

- Hvilke resultater vil man se dersom man går fra en hente til en bringeordning i en gitt renovasjonsløsning
- Hvilken form for behandling er opptimal for glass og metall med tanke på miljø.
- Hvis man får økt resirkulering på ulike fraksjoner, vil den eventuelle klimagevinsten fortsatt være positiv dersom man også tar høyde for mertransport som den forårsaker.

**Klimaregnskap**

- Hvilken metode er det dere benytter dere av når dere gjør klimaregnskap?
- Er dette en metode du vil anbefale oss å benytte oss av.
- Hvilke forutsetninger må man redegjøre for i et slikt regnskap
- Dersom vi benytter oss av deres resultater fra livsløpsanalyser, vil det være hensiktsmessig å bruke disse i vår oppgave.

**Transport**

- Hvilken metode vil du anbefale å benytte ved beregninger av drivstofforbruk.
- Hvilke andre faktorer bør vi ta hensyn til i transporten.

**Generalisering av resultater**

- Hvordan kan man generalisere de resultater vi kommer frem til i vår oppgave

**Oppsummering**

- Kan du sende de resultater du har referert til på mail.
- Andre ting man bør ta hensyn som jeg ikke har spurt om.

## Vedlegg 13 – Transkribering Avfall Norge

*I = Intervjuet*

*O = Objekt*

O: Det er alltid viktig å få med det man har muligheten til å gjenvinne. Man vil aldri klare å samle inn 100 % av materiale. Man vil aldri klare å frakte 100 % av det man samler inn, og man klarer ikke sortere ut 100 % av det man samlet inn, slik at innsamlet ikke er 100 %. Man vil hele tiden få en skala nedover.

I: Ja. Når du sier 70 % sortere mat?

O: 70% har muligheten til å sortere mat

I: De 30 % har ikke system for å sortere ut mat

O: Det er de offisielle tallen i dag, ja. Fordi kommunen har ikke ønsket dette systemet. Selvråderett er grunnprinsippet

I: Ja, okei.

O: Det ligg et lovforslag under utredning på sortering av plast og mat for husholdninger og lignende tjenesteytende avfallsnæringer. Som vil være restauranter, kiosker, kontorer etc.

I: Det er et lovforslag under utredning nå?

O: Ja under KLD. Bare google dette, ligger nok på Miljødirektoratet sine sider. Spennende og store tinger som kommer i fremtiden. Alle slike prosesser tar lang tid før man får én ide, til man klarer å påvirke partier, og når de ideelle plattformene, og havner i budsjettet på stortinget.

I: Ja det er en lang prosess. Har dere preferanser for et parti?

O: Vi er på sak, ikke parti. Arrangerer ofte åpne arrangementer for ulike partier. Har ansatt gamle politikere, da dette er veldig viktig for oss. Det er den biten som ligger med rammevilkår og lovbegrensninger, som gjør dette så viktig.

I: Dere står ikke for noe innsamlingssystem?

O: Nei. Vi er en bransjeorganisasjon. Vi har stort sett alle kommunale selskap, og de fleste store private, som medlemmer. Type norsk gjenvinning.

I: Hva kalte du de?

O: Norsk gjenvinning.

I: Avhengig av tall til oppgaven. Har tall fra bedriften, men lurer på om dere har tall på hvor mye metall som havner i restavfallsdunken?

O: Ville ha sett på bransjeanalysene.

I: VI så på disse, men fant bare andel som husholdningene står for.

O: Du har jo i 16 eller 17, med sektordiagram som snakker om andelen metall sortert.

I: Vi regnet på det basert på tall fra bedriften og kom frem til 28, men lurer på om dette er høyt?

O: Av metall som ligger i rest?

I: Ja, men føltes mye ut.

O: Godt mulig. Skal se om jeg finner noe. Jobber da med plukkanalyse. Har samlet inn plukkanalyser som vi publiserer på nettsiden vår.

I: OK. Vi har gått gjennom en god del av rapportene deres. Om dere har mere tall en det som ligger i rapportene

O: Vi produserer en god dose rapporter hvert år. Det du er interessert i er rapporter med metall-andel og transport?

I: Ja hovedsakelig metall-andel. Siden vi løser det opp mot Caset, IR.

O: De har jo en løsning i dag så de har tall på dette i dag, enten fra egen veiing, eller gjennom syklus.

I: De hadde en tonnasje av totalt innsamlet. VI regnet differansen på simulert andel og faktisk andel.

O: De skal innføre det fra alle 9 kommuner.

I: Ja, starter i Stjørdal i Mai.

O: Har ikke de da tall på dette?

I: Mest sannsynlig, men lurte om du hadde tall på nasjonalt nivå. Har dere informasjon om tidligere løsninger prøvd av kommuner?

O: På glass/metall?

I: Generelt avfallsorganisering. Om dere har eksempel på tidligere kommuner sammenlignet med andre

O: Vært i kontakt med syklus?

I: Nei, ikke enda.

O: De håndtere pr. i dag glass, men har håndtert glass og metall tidligere.

I: Ja IR samler inn glasset til dem

O: OK.

I: Hvor mye sitter dere på informasjon fra kommuner og tidligere løsninger.

O: På glass og metall, har igloer vært mest brukt.

I: Har dere sett på økningen i antall igloer, og hvordan dette påvirker kostnadene? Vi vil sammenligne nye løsning med nåværende.

O: Ja, skjønner. Det er ikke tall vi har. Men har rapport som ligger på nettsiden om dette. Det beste vi har tror jeg. Kostnader for utsortering av produsentansvarsavfall.

I: Det er notert.

O: Sender mailen nå, så får du rapporten. Det er gjort beregninger på hva som skjer hvis man kutter ut kildesorteringen, hva vil da kildesorteringen være. I Grunnen ligger produsentansvarsordningen. Hvor man tar ansvar for emballasjematerialene. Syklus har glass/metall. Norsk metall og Norsk glass ligger her. Plastretur og Recy for kartong. Alle slagene har sitt eget selskap, organisert i grønt punkt.

I: Ja. Okei.

O: Det man må forstå med hele organiseringen er det industrielementet man ikke ser til vanlig. Fryktelig mye penger i hele bransjen. 2-3 Milliarder NOK i året. 11-12 million tonn materialer som flyttes. Ordentlig industri.

I: Ja den er i vekst?

O: Ja man prøver jo å få mer verdi på det man har, ved å utsortere det bedre. Det handler alltid om å få mer verdi enn det man har. Som gir lavere renovasjonsgebyr for innbyggerne

I: Ja.

O: Kostnaden skal dekkes, men ikke mer. Så kan man selge mer til er brukende materiale vil kostnaden til kundene bli lavere.

I: Ja forstår. Det er det dere mener når metall har 33 % Potensiale når det ikke er resirkulert, men 66 % Når det er resirkulert?

O: Nå skjønner jeg ikke.

I: I bransjeanalysen.

O: Ja.

I: Dere hadde en prosentandel som ga potensiale gjennom gjenvinning.

O: Hvilken rapport?

I: Bransjeanalysen 2017.

O: Den som het light?

I: Ja.

O: Potensiale i restavfall?

I: Ja, riktig.

O: Det var det jeg prøvde å åpne med. På metall står det 70/30 ca. Altså 70 er utsortert, og 30% er potensiale, altså 30 % ligger i restavfallet. Det er snakk om potensiale i restavfallet.

I; Åja, det er snakk om andel i restavfallet?:

O: Ja alltid når det er snakk om utsortering, ligger potensialet i restavfallet, det er jo det som ikke er sortert ut. En helt ren strøm vil jo i prinsippet være 100 %.

I: Okei, den er grei. Så du står bak for bransje light?

O: Ja.

I: Har dere ledende kommuner i organisering.

O: Kan finne noe til deg.

I: Mer kildesortering kan jo føre til økte transportkostnader og utgifter, men også høyere resirkulering. Har dere tall på denne avveiningen?

O: Det er ikke en avveining. Gevinsten ved gjenvinning alltid er høyere ved gjenvinning enn ved transport, spesielt for metall. Plast og papir vanskelig, men metall, helt klart.

I: Fordi du får brukt for det etterpå?

O: Ja energiutslippet ved å produsere metall er jo hinsides. Å kjøre en trailer fra Finnmark til Oslo er da null problem. Energiforbruk pr. kilo materiale er jo alltid en faktor. Ved produksjon eller ny produksjon. Ved omsmelting av aluminium tror jeg det er ca. 80 % lavere energikrav til omsmelting.

I: Okei. Så du kommer alltid til topp med gjenvinning?

O: Ja. Myten om at det ikke er miljøvennlig er stort sett feil.

I: Har fått det inntrykket tidligere.

O: Ja, det finnes masse rapporter, og Avfall Norge har bl.a. produsert, men også flere kommuner. OM IR har, det vet jeg ikke

I: IR har ikke så fremt vi vet.

O: RFD og Vesar er to firma som har gjort dette mye.

I: DE har regnet på kostnader oppimot klimautslipp?

O: Alle har nok ikke gjort dette, men Vesar har i hvert fall gjort mye av dette. På vurderingen av hente/bringe ordning. RFD har gått over til henteordning.

I: Ja.

O: Vesar er veldig gode på plast.

I: Okei. IR har nå av det samme, det står mer på forbrukeren

O: Ja det vil det jo alltid gjøre.

I: Tror nok at jo lettere det er jo bedre blir det.

O: Ja helt klart

I: Vet dere hvordan incentiv til kildesortering funker?

O: Tror ikke man har lovhjemmel til å gi bøter. Tviler. Men har vært nekting å ta med avfallet uten det sorteres. Har blitt gjort. Effektiviteten er jeg usikker på.

I: Ja henteordningen kan være så effektiv som mulig, men hvis folk ikke sorterer hjelper det ikke.

O: Ja det er klart en sammenheng mellom beholderen glass/metall og andelen samlet inn av fraksjonen.

I: Ja IR simulerte å økte med 280 000 tonn.

O: Det er klart det øker. Samme for tekstiler og farlig avfall, og e-avfall. Jo enklere

I: Jo bedre

O: Jaja. Flere som jobber med glass/metall da dette er så viktig. Flere har begynt med hageavfall, og grovavfall, altså alt som er så stort. Ikke like problem for sortering når du bor på bygda som i sentrum. Mer plass på bygda.

I: Får dere inntrykket av at de som bor utenfor sentrum er bedre til å resirkulere enn de som er i sentrum siden tilbudet er annerledes?

O: Nei ikke som jeg vet. Har vært en del år hvor man snakker om at avfallsmengden pr. person er mindre i by enn på landet.

I: Okei skjønner. Hva med det estetiske ved å få en ekstra beholder? Hvis du bor tett

O: Ja for all del, men da skal du bo tett. Ja areal er jo et viktig poeng her. Det må se ålreit ut, hvis ikke blir det ikke brukt. Den visuelle forurensningen er absolutt til stede. Ødelagte plastbeholdere som har stått ute i 10 år, er ikke en god måte å gjøre det på. Tror utviklingen av tjenestedesign blir viktigere og viktigere. Glass er jo ikke så mye verd med mindre man samler alt glasset.

I: Jaja

O: Tekstiler er for eksempel alltid vært noen ting, får jo alltid lapp om innsamlingsaksjoner. Alt har verdi, og det må ordnes en tjeneste rundt det. Hvis ikke kommunen gjør det, så må noen andre gjøre det.

I: Ja private.

O: Ja private, eller næringsdrivende. Sortere ut søppelet og vil samle inn verdi. Ligger mye penger her.

I: Ser du får deg noen utfordringer med å løse antall kammer, og antall fraksjoner?

O: Ved å øke antall fraksjoner?

I: ja, siden transportproblemet handler om hvordan man skal organisere det. Altså om det er noen utestående faktorer som kommer inn. Vi prøver å lage en overordnet modell. Er det noen eksterne faktorer som du mener kan spille inn?

O: Usikker. Det jeg har hørt andre gjør er en bil man bruker til en «tørr-fraksjon» som en eller annen uke går til glass og metall.

I: Ja den løsningen IR har nå er mat 2. hver uke, og Papp/plast og Rest hver 4. De er pålagt av kommunen å hente hver 2.

O: Ja det er flere som er pålagt å gjøre det ene eller det andre. Flere kommuner som påvirker renovasjonsselskaper.

I: De snakket om å forhandle og kanskje hente sjeldnere om vinteren

O: ja det er det mange som gjør. Nei vet ikke de faktorene som påvirker et slikt renovasjonssystem.

I: Nei, dere har ikke like mye å gjøre med avfallsorganiseringen som vi trodde

O: Nei du har rett der.

I: siden dere har kontakt med bedriften, vet du hvilke simuleringsprogrammer de bruker for å regne ut kostnader etc.

O: Nei. Tipper mange bruker ruteplanlegging

I: Ja, vært innom den. Og TEMA 2000 etc.

O: Vet faktisk ikke der, men det gjøres både av kommuner og innsamlere. Det er ofte private aktører som står for selve innsamlingen.

O: Det er en vesensforskjell på bringe og henteordning. Bringeordninger har økt. Det vil alltid være slik at jo renere ting er, jo mer kan man få ut av tingen, desto større verdi har tingen. I prinsippet kan man hive alt i samme bøtte og komprimere mer, som man kan brenne. Men verdien blir ikke optimal. Snakker om positive negative fraksjoner. Altså hva kan man selge og få penger for, og hva må man betale for at noen skal ta seg av for deg.

I: Positiv og negativ fraksjon?

O: Ja, man må betale noen for å gjøre jobben. Prinsippet handler om å gjøre fraksjoner fra en negativ til en positiv strøm, da man ønsker å selge den til en ny industri.

I: Vi leste om en artikkel fra Tyskland som fant at hvis man samler inn glasset basert på farge, får man mer ut av det enn hvis alt er samlet inn som blandet.

O: Ja det vil være det samme prinsippet. Hadde lignende i Norge, men har gått bort fra det, siden vi ikke har så mye farget glass igjen.

I: Ja det er vel kanskje bare grønne flaskene

O: Ja, men i dag veier vel en 0,3 Tuborg flaske, 180 gram. De blir altså tynnere, mindre og mindre emballasje pr. enhet produkt, som også er et produkt. Det må være nok emballasje til å bevare produktet, men ikke mer enn dette. Pant er et godt virkemiddel, men har sine fallgruver. Alle butikker har jo pant på enkelte flasker. Det er jo ikke 100% retur på antall flasker, så disse pengene ligger jo et sted. Ved en økning i panten vil man på sikt ikke heller få inn 100%, men øke i løpet av kort tid.

I: Ja skjønner.

O: Utfordring med bringesystemet er jo at igloene som oftest står på kommunal grunn. Man betaler som regel ikke leie for å leie en 2-3 meter med parkeringsplass eller lignende. På denne måten kan man si at denne ordningen er subsidiert.

I: Men da tror jeg at jeg har alt jeg trenger. Takk for at du tok deg tid.

O: Den er grei, bare send mail om det skulle være noe mer.

# Vedlegg 14 – Transkribering Østfoldforskning

*I = Intervjuet*

*O = Objekt*

I: Hva er den beste behandlingen av glass og metall med hensyn til miljø?

O: Det er uten diskusjon gjenvinning

I: Dersom man gjør det enklere for abonnentene å kildesortere gjennom f.eks. å gå fra en bringeordning til en henteordning, vil man da klare å betraktelig øke innsamlet mengde?

O: Ja, det er veldig stor forskjell om man har en henteordning rett utenfor døren sin, kontra om man har en bringeordning slik man ofte har for glass og metall. Man vil øke innsamlingen innsamlingsgraden ganske mye når man gjør det lettere for folk.

I: Er dette noe du har tall på?

O: Jeg, vet ikke om jeg har det for glass og metall, men det er hvertfall tall for plast. Jeg tror ikke vi har gjort noe spesifikt på glass og metall, men det kan være noen som har gjort studier. I SSB sine tall så har man redegjort hvor sorteringsgrad for de ulike regionene og hva som sorteres ut for de ulike fraksjonene også kan man se hvor det er hente/bringeordning, og på det men det har ikke vi gjort noen studier på.

I: Hvis man får økt resirkulering på ulike fraksjoner, vil den eventuelle klimagevinsten fortsatt være positiv dersom man også tar høyde for mertransport som den forårsaker?

O: Ja, som regel er det sånn. For glass og metall har vi gjort en rapport for Avfall Norge som heter klimaregnskap for avfall fra 2009, så den er ikke superny men der står det dokumentert for glass og metall hva som er sparte klimagassutslipp. Der er det betydelig høyere sparte klimagassutslipp for metall enn det er for glass.

I: Hvilken metode er det dere bruker for å måle klimaregnskap for ulike løsninger?

O: Vi bruker LCA-analyser, vi har endel utslippsdatabaser som ligger til grunn som gjør det lettere for å gjøre beregninger. Det kan være du kan bruke tall fra den ene rapporten på selve gjenvinningen, også kan det være at du kan bruke tall fra selve innsamlingen.
Jeg kan sende deg link til den rapporten jeg snakker om, der er det tall for klimagassutslipp fra selve behandlingen. Når du sender avfall til gjenvinning har du utslipp fra transporten, materialgjenvinningsprosessen. Også er det noe som ikke kan gjenvinnes som må sendes til forbrenning da har du de utslippene. Også har du nytten ved at avfall blir til et nytt produkt, og det vi gjør i beregningene r å si at hvis du gjenvinner metall så introduserer du gjenvunnet metall på markedet og da unngår du å produsere samme mengden jomfruelig metall. Man slipper å produsere den mengden metall, både til utakk av råvarer og produksjon. Det beregner vi til negative utslipp, altså utgåtte klimagassutslipp.
Tilsvarende hvis man sender det til forbrenning vil man kunne i Norge erstatte fjernvarme. Utslippene fra den varmen som blir generert er negative pga at man får brukt avfallet til noe nyttig. Det er altså den metodikken vi bruker

I den rapporten jeg sender deg er utslipp fra ulike transportetapper, utslipp fra behandlingen som er forbrenning/materialgjenvinning/deponi og så har man utslipp fra de unngåtte utslippene som følge at man leverer et produkt på markedet hvis man ikke gjenvinner.

I: Vi har tenkt å fokusere oppgaven rundt innsamling/oppsamling. Vil vår oppgave holde mål dersom vi avgrenser oss til å kun skrive om denne delen, men benytter oss av deres resultater av netto klimagassutslipp?

O: Ja, jeg tror det. Hvis dere skal se hvor mye ekstra glass/metall dere får samlet inn ved å gå fra en bringe til en henteordning, så vil det være en andel metall som tidligere gikk til forbrenning som nå vil gå til materialgjenvinning, jeg tenker å kvantifisere den nytten, og vise hvor stor eller liten den er i forhold til ekstra transport vil gi gjøre det lettere å diskutere resultatet.
Da vil jeg anbefale å gjøre detaljerte transportanalyser selv, også kan du bruke de tallene i rapporten og henvise til dem i teksten.

I: Er det en metode du vil anbefale å benytte til beregning av drivstofforbruk?
O: Det er veldig varierende. Når dere ser veldig spesifikt på transporten, kan man bruke gjennomsnittlig betraktninger hvor man bruker utslippene per tonnkilometer for en renovasjonsbil. Men det mest nøyaktige er egentlig man vet drivstofforbruket eller kan kvantifisere det for å få et nøyaktig tall.
Det vi gjør når vi bruker livsløpsanalyser er at vi ikke har kun utslipp fra kjøring, men vi har en miljømessig nedskrivning av bruk av veier og produksjon av biler og tar hensyn til disse faktorene. Vi har utslippsdatabaser som også tar hensyn til dette.
Avhengig hvilke utslipp dere går ut ifra, så er jo utslipp av produksjon og bruk av drivstoff noe av det viktigste. Har dere tenkt på noe drivstoff dere går ut ifra?

I: Ja, det er diesel, også har vi tenkt å gjøre en simulering av biodiesel.

O: Har dere tenkt på biogass?
Det kommer an på hvor i Norge dere er, men mange renovasjonsbiler i Oslo går på biogass.
Biogass er produsert på matavfall og kloakkslam, så det er jo litt sirkulærøkonomi opp i det hele.
Det er letter å vise hvordan biogass er produsert fremfor biodiesel, ettersom det er produsert i Norge. Men det krever jo gasskjøretøy så det foreligger en investeringskostnad.
Har dere noen estimat på drivstofforbruk?

I: Vi har kun på IR, men ikke noe generelle resultater
O: Det er vanskelig å måle med slike biler da de kjører rundt og stopper endel, og samler inn på runden sin. Så det er egentlig litt utfordrende å beregne, så jeg har ikke noen klare retningslinjer på det. Problemet er at vi vil vite i våre analyser hvor langt har en kilo avfall reist i snitt. Hvor full bilen var i snitt, men det er jo vanskelig å regne ut når bilen kanskje er tom når den starter, og full når den slutter også plukker den ulikt. Noen ganger lange ruter med lite avfall, og noen ganger fyller de opp kjapt på kortere avstander. Man må derfor se på geografien på det spesielle området man skal se på. Prøve å estimere kjøringen.
I: Da blir det litt vanskeligere å generalisere, hvis vi skal gjøre det på bransjenivå med de funnene vi har.
O: Ja, det kan hende man må ta et estimat på en KM, også må hver region gjøre sin vurdering på hvor mange KM det vil si for dem. Hvis man har kvantifisert det på et område så vil det jo være lettere neste gang, selv om man ikke uten videre kan overføre resultatene.

Sånn er det egentlig med alle våre analyser også, man kan gjøre en analyse på et område men man kan ikke uten videre ta resultatene og videreføre dem direkte til et annet område. Men man kan lage modeller for å gjøre det lettere for neste område som skal gjøre analyser, og tilsvarende hvis man skal gjøre generelle antagelser for hele Norge så er det ofte et snitt og da vil det være noen regioner som ikke passer inn i det gjennomsnittet i det hele tatt. Så det vil alltid være tilpasninger, men det betyr ikke at det dere gjør er nyttig for andre. Man må tilgjengeliggjøre informasjonen slik at man kan gjøre egne beregninger på det dere har gjort.

I: Hvilke miljøforurensinger er det dere ser på?

O: Ja, nå er det klimagassutslipp som er det store for tiden. Man skal man se på ekstra transport kan man se på partikkelutslipp, NOX, SOX slike lokale utslipp. Er ikke så vanskelig å finne ut av på transport, men det kan være vanskelig å kvantifisere for resten av verdikjeden. Men jeg vil egentlig ikke bare se på klima hvis man skal gjøre en analyse som baserer seg på transport. Da vil jeg også se på lokale utslipp.

I: Har du tall på utslippsnivå mellom diesel og biogass?
O: TØI har gjort målinger på norske forhold mellom på dette, jeg sender deg den rapporten, og de andre rapportene jeg har snakket om på mail.