

BACHELOROPPGAVE:

**EN ANALYSE AV RENOVASJONSROUTE
0504 I ØSTRE TOTEN KOMMUNE –
FOR HORIZONT RENOVASJON AS**

FORFATTERE:

Hanne Tiset – 756860

Harald Løstegård – 473158

Lars Sander Engeland Kilmark – 473031

NTNU, GJØVIK

Dato: 16.05.2019

SAMMENDRAG

Tittel:	En analyse av renovasjonsrute 0504 i Østre Toten kommune – for Horisont Renovasjon AS	Dato: 16.05.19
Deltakere:	Hanne Tiset – 756860 Harald Løstegård – 473158 Lars Sander Engeland Kilmark – 473031	
Veileder:	Espen Martinsen	
Oppdragsgiver:	Horisont Renovasjon AS	
Stikkord/ nøkkelord:	Ruteplanlegging, ArcGIS Online, Vehicle Routing Problem, grafteori, selvkostkalkyle.	
Antall sider/ord: 47/13518	Antall vedlegg: 7	Publiseringsavtale inngått: Ja
<p>Denne bacheloroppgaven er skrevet for Horisont Renovasjon AS. Problemstillingen for undersøkelsen er; kan Horisont Renovasjon AS forbedre rute 0504 i Østre Toten kommune, basert på ruteplanlegging. Undersøkelsen er utført ved hjelp av metodetriangulering der kvalitativ og kvantitativ metode er benyttet parallelt. Vi har gjennomført observasjon med semi-strukturert intervju og beregning av økonomiske variabler, for å danne et godt datagrunnlag til analysen.</p> <p>Datagrunnlaget er knyttet opp mot relevant teori for ruteplanlegging. Teorien omhandler temaer som Vehicle Routing Problem, Traveling Salesmen Problem og grafteori. I tillegg har vi benyttet analyseverktøyet ArcGIS Online i utarbeidelsen av alternative rutemønstre til dagens situasjon. Vi har kommet frem til to alternative løsninger til problemstillingen, som er basert på å redusere antall kilometer. Den ene løsningen er resultatet fra ArcGIS, mens den andre er en alternativ rute med fellesbeholdere for å redusere antall kilometer ytterligere.</p> <p>Vi har kommet frem til at dagens rute er godt innarbeidet og organisert. Konklusjonen er at det er forbedringspotensial på rute 0504 basert på ruteplanlegging. Innsparingen vi har kommet frem til på ArcGIS ruten utgjør en relativt liten andel av de totale kostnadene. Vi mener det er potensiale for denne løsningen, men den bør utprøves i praksis. Når det kommer til den alternative ruten med fellesbeholdere mener vi dette er en langsiktig løsning som må bearbeides ytterligere. Dette for å se om den er lønnsom, samtidig som det er flere forutsetninger som må ligge til grunn for at denne løsningen kan iverksettes.</p>		

ABSTRACT

Title:	An analysis of renovation route 0504 in Oestre Toten municipality – for Horisont Renovasjon AS	Date: 16.05.19
Participants:	Hanne Tiset - 756860 Harald Løstegård - 473158 Lars Sander Engeland Kilmark – 473031	
Supervisor:	Espen Martinsen	
Employer:	Horisont Renovasjon AS	
Keywords:	Route planning, ArcGIS Online, Vehicle Routing Problem, graph theory, full cost calculation	
Number of pages/words: 47/13518	Number of appendix: 7	Availability: Open
<p>This bachelor thesis is written for Horisont Renovasjon AS. This research paper is exploring the issue of whether Horisont Renovasjon AS can improve route 0504 in Oestre Toten municipality, based on route planning. In this paper, we have used triangulation of methods, which means we have combined qualitative and quantitative methods. We have conducted an observation combined with semi-structured interview and calculation of economic variables, to create solid data for the analysis.</p> <p>We have used relevant theory for route planning to strengthen the data collection. The theory concerns Vehicle Routing Problem, Traveling Salesmen Problem and graph theory. In addition, we have used ArcGIS Online as an analyzing tool in the elaboration of alternative routes. The result is two alternative solutions to our main issue, based on kilometers. One of the solutions is a result we have gathered from ArcGIS, while the other solution is an alternative with common collection containers to reduce even more kilometers.</p> <p>In our opinion, the current route is well executed and organized. We have come to the conclusion that there is improvement potential on route 0504 based on route planning. Though the route from ArcGIS reduces the total cost with a small share, we still believe that this alternative should be tested to see its maximum potential. The alternative route with common collection containers we see as a long-term solution, that must be processed further, to see if it is profitable. There are also several preconditions that must be solved before this solution can become a reality.</p>		

Forord

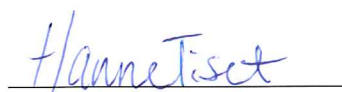
Denne bacheloroppgaven er skrevet i forbindelse med avsluttende studier i henholdsvis logistikk, og økonomi, ledelse og bærekraft ved NTNU Gjøvik. Vi ser tilbake på en fin studietilværelse på Gjøvik, og kan med stolthet levere vår bacheloroppgave. Arbeidet med oppgaven har vært en krevende, lærerik og morsom prosess med godt samarbeid og strukturert arbeidsinnsats. Etter flerfoldige arbeidstimer sitter vi igjen med ny kunnskap og stor grad av mestringsfølelse som vi vil ta med oss i videre studier og arbeidsliv.

Vi ønsker først og fremst å takke oppdragsgiver Horisont Renovasjon AS for en spennende og givende oppgave. Det har vært interessant å stifte et nærmere bekjentskap med avfallsbransjen – og vi håper dere vil få nytte av denne oppgaven. Videre ønsker vi å rette en stor takk til vår veileder Espen Martinsen for et godt samarbeid. Dine oppmuntrende ord og gode innspill underveis har ført oss tilbake på rett spor. Takk til Godfrey Mugurusi for god metodehjelp og for solid veiledning i starten av prosessen. Vi vil også rette en takk til Beate Paulsrud i Strategisk Ruteplan for god hjelp i arbeidet med ArcGIS, din hjelpsomhet og tålmodighet var gull verdt når vi sto fast.

Avslutningsvis ønsker vi å takke forelesere for all kunnskap dere har bidratt med i løpet av disse tre årene, og deres engasjement for å ville utgjøre en forskjell. Sist men ikke minst vil vi også takke våre medstudenter for en fantastisk studietilværelse. Med dette gjenstår det bare å ønske dere en god lesning av vårt siste verk som studenter ved NTNU Gjøvik.

Takk for oss!

Gjøvik, 16.05.2019



Hanne Tiset



Harald Løstegård



Lars Sander Engeland Kilmark

INNHOLDSFORTEGNELSE

1.	INNLEDNING.....	6
1.1	<i>Bakgrunn</i>	6
1.2	<i>Formål</i>	7
1.3	<i>Problemformulering</i>	7
1.3.1	<i>Problemstilling</i>	7
1.3.2	<i>Avgrensninger</i>	8
1.3.3	<i>Definisjoner</i>	9
1.4	<i>Horisont Renovasjon AS</i>	10
2.	TEORI.....	12
2.1	<i>The Vehicle Routing Problem</i>	12
2.1.1	<i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i>	12
2.1.2	<i>Traveling Salesman Problem</i>	13
2.2	<i>Grafteori</i>	13
2.3	<i>ArcGIS Online</i>	15
2.4	<i>Økonomisk teori</i>	16
2.5	<i>Dynamisk og statisk ruteplanlegging</i>	18
3.	METODE.....	20
3.1	<i>Forskningsdesign</i>	20
3.2	<i>Kvantitativ og kvalitativ metode</i>	21
3.3	<i>Kvantitativ datainnsamling</i>	21
3.3.1	<i>ArcGIS Online</i>	22
3.3.2	<i>Beregning av matematiske variable</i>	23
3.3.3	<i>Beregning av selvkostkalkyle</i>	24
3.4	<i>Kvalitativ datainnsamling</i>	24
3.4.1	<i>Observasjon</i>	25
3.5	<i>Validitet og reliabilitet i datagrunnlaget</i>	26
3.6	<i>Feilkilder</i>	27
4.	ANALYSE.....	29
4.1	<i>Resultater fra ruteplanleggingen</i>	29
4.1.1	<i>Dagens rute</i>	29
4.1.2	<i>ArcGIS rute</i>	30
4.1.3	<i>Alternativ rute</i>	31
4.2	<i>Resultater fra økonomisk beregning</i>	31
4.2.1	<i>Kostnader ved de ulike alternativene</i>	33
4.3	<i>Resultater fra observasjon</i>	33
4.3.1	<i>Likheter mellom observasjonene</i>	33
4.3.2	<i>Ulikheter mellom observasjonene</i>	34

5.	DISKUSJON	36
5.1	<i>Drofting av resultat</i>	36
5.1.1	Dagens rute	36
5.1.2	ArcGIS rute	37
5.1.3	Alternativ rute	38
5.2	<i>Drofting av de økonomiske variablene</i>	39
5.3	<i>Ekskluderte faktorer som kunne påvirket resultatet</i>	40
5.4	<i>Gyldighet og pålitelighet</i>	41
6.	KONKLUSJON	43
6.1	<i>Videre forskning</i>	44
7.	LITTERATURLISTE	45
	VEDLEGG	48
	<i>Vedlegg 1: Utregning av gjennomsnitt og standardavvik på kilometer og drivstofforbruk</i>	48
	<i>Vedlegg 2: Observasjonsskjema</i>	49
	<i>Vedlegg 3: Økonomiske beregninger fra artikkel Grønland (2018) fra TØI</i>	50
	<i>Vedlegg 4: Beregning besparelse ved de ulike alternativene</i>	51
	<i>Vedlegg 5: Kart av dagens rute</i>	52
	<i>Vedlegg 6: Kart av ArcGIS rute</i>	53
	<i>Vedlegg 7: Kart av Alternativ rute</i>	54

FIGURLISTE:

Figur 1:	Bilde av rutegrense 0504	8
Figur 2:	Avfallspyramiden	10
Figur 3:	Ikke-Eulerianskvei og Euler syklus	14
Figur 4:	Hamilton syklus	14
Figur 5:	Arc-routing	14
Figur 6:	Forskjellen på Node-routing og Arc-routing	15
Figur 7:	Illustrasjon på nullpunktomsetningsgraf	17
Figur 8:	Dagens rute	29
Figur 9:	ArcGIS rute	30
Figur 10:	Alternativ rute	31
Figur 11:	Bilde fra observasjon 2	34

1. INNLEDNING

Vår oppdragsgiver, Horisont Renovasjon AS har ansvaret for avfallshenting i kommunene Gjøvik, Nordre Land, Søndre Land, Østre Toten og Vestre Toten. I den forbindelse skal vi foreta en undersøkelse på en av deres 112 renovasjonsruter, for å se hvorvidt det finnes forbedringspotensial på ruten.

I første del av oppgaven vil vi presentere oppgavens bakgrunn, formål, problemstilling, og avgrensning av undersøkelsen. I kapittel to går vi gjennom relevant teori som vi senere skal benytte til å drøfte og analysere resultatene. Videre vil valg av metode bli presentert i kapittel tre, sammen med validitet, reliabilitet og feilkilder knyttet til metodevalget. Vi vil fremlegge rutealternativer vi har kommet fram til gjennom analysene i kapittel fire, og foreta en diskusjon og sammenligning av de i kapittel fem. Avslutningsvis vil vi presentere vår konklusjon og videre forskning i kapittel seks.

1.1 Bakgrunn

Renovasjonsbransjen har utviklet seg fra å håndtere et hygienisk problem, til et plassmessig problem og i dag, et miljøproblem. Avfall er et produkt av atferd, inntekt, globalisering, teknologiske gjennombrudd og husholdningsstørrelse. Utover siste halvdel av 1900-tallet steg bruk og kast mentaliteten i det norske samfunnet frem, og avfallsmengden vokste betraktelig (Retursamarbeidet Loop, 2010). I dag er kildesortering, resirkulering, sortering av spesialavfall, kompostering og avfallsreduksjon områder det jobbes mot.

Renovasjonsbransjen er derfor en viktig byggestein i samfunnet som skal ivareta forsvarlig håndtering av avfall, og redusere forurensning i samfunnet.

På bakgrunn av dette anser vi renovasjonsbransjen som en undervurdert, men svært viktig del i et fungerende samfunn. Vi har derfor funnet det interessant å se på mulighetene for effektivisering av denne bransjen, og finne muligheter til å forbedre avfallsruter. Vi har i denne oppgaven valgt å undersøke en renovasjonsrute, og hvorvidt den kan effektiviseres på kilometer og kostnader. Gjennom de tre årene ved NTNU har vi opparbeidet kompetanse innen ruteplanlegging og transportøkonomi som vi vil benytte når vi skal undersøke dagens rute opp mot eventuelle løsninger for effektivisering. Samtidig vil vi benytte oss av nye teorier og teknikker som vi finner relevant for vår oppgave.

1.2 Formål

Formålet med undersøkelsen er å analysere om det finnes forbedringspotensial, og praktiske løsninger som kan gjøre arbeidet lettere eller mer effektivt på rute 0504 i Østre Toten. Vi benytter det som kalles en intensiv strategi, som betyr at vi har få undersøkelsesenheter og mange variabler. Dette betyr at vi undersøker ruten i dybden for å få en helhetlig forståelse av hvordan den fungerer i dag, og hva som kan gjøres annerledes (Halvorsen, 2008). Avfallshåndtering påvirkes av mange forskjellige faktorer som vi vil drøfte opp mot hverandre, og hvordan de påvirker våre resultater.

Målet med undersøkelsen er å gi Horisont teknikker som kan brukes i videre arbeid for å effektivisere andre ruter, på et økonomisk plan. Samtidig ønsker vi å presentere forslag til nye løsninger som kan forberede avfallshenting. Vi håper derfor at resultatet kan benyttes av Horisont Renovasjon AS til å se videre på forbedringspotensialer gjennom et akademisk perspektiv, og utføre nye undersøkelser på andre ruter i fremtiden.

1.3 Problemformulering

I dette avsnittet presenteres problemstillingen som utgjør utgangspunktet for oppgaven. Vi vil så vise de avgrensninger og forbehold vi har tatt i oppgaven, og presentere en definisjonsliste.

1.3.1 Problemstilling

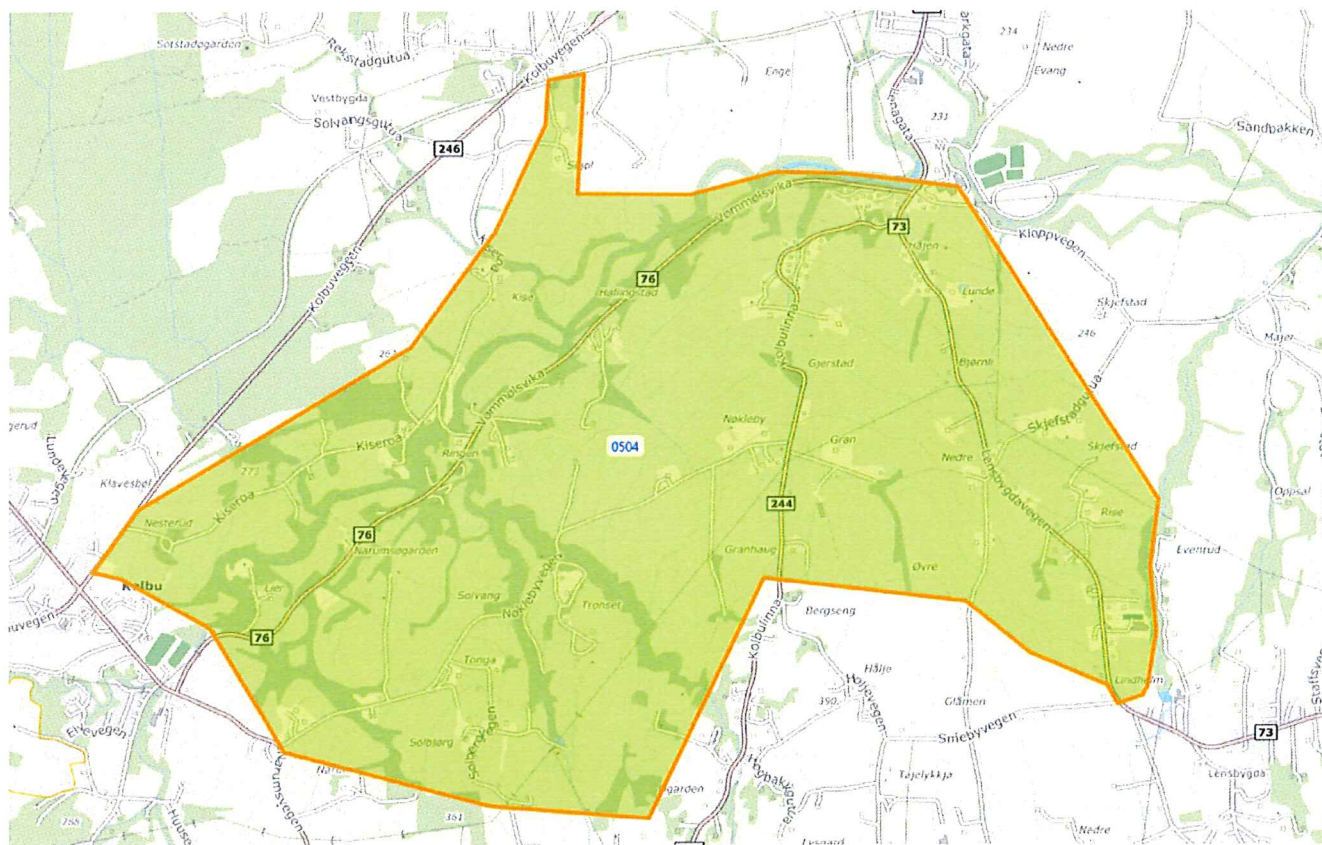
Problemstillingen skal utgjøre et presist spørsmål som blir stilt med et bestemt formål, og på en så presis måte at det lar seg belyse gjennom bruk av samfunnsvitenskapelige metoder (Halvorsen, 2008). Det vi ønsker å vite noe om er en renovasjonsrute. Målgruppen for undersøkelsen er oppdragsgiver Horisont. Undersøkelsen er avgrenset til rute 0504 i Østre Toten kommune. Tilgang til data får vi gjennom oppdragsgiver, og fra vår egen observasjon. Tidsrommet vi undersøker er fra januar til og med mars 2019, og både datainnsamling og analysen foregår her. Formålet er å se om ruten kan optimaliseres fra et ruteplanleggingsperspektiv, som betyr å kutte ned på antall kilometer. Delmål knyttet til dette er derfor å se på kostnad per kilometer. På bakgrunn av dette har vi kommet opp med følgende problemstilling:

Kan Horisont Renovasjon AS forbedre renovasjonsrute 0504 i Østre Toten kommune, basert på ruteplanlegging?

Siden vi skal se på ruteplanlegging og kostnader vil undersøkelsens analyse bestå av to deler. Den ene delen går spesifikt på et analyseprogram som kan utarbeide en alternativ ruteløsning, og en økonomisk beregning for å finne kostnader per kilometer.

1.3.2 Avgrensninger

Oppgavens avgrensninger er begrunnet i den tiden og de ressursene vi har tilgjengelig for å besvare problemstillingen. På bakgrunn av dette har vi utelatt følgende faktorer fra undersøkelsen.



Figur 1: Bilde av rutegrense 0504 (Horisont Renovasjon AS, 2019)

Vi har avgrenset oppgaven til kun å fokusere på rute 0504. Dette betyr at nærliggende ruter som grenser til vår rute ikke blir tatt til betraktning, selv om dette kan påvirke valg av rutemønster, og være kostnadsbesparende. Det gjelder særlig hentepunkter som ligger nær grensene på ruten, som kanskje kunne blitt betjent av en annen rute, eller at vår rute kunne betjent punkter på en annen rute.

Planlegging av en renovasjonsrute er svært kompleks, og det fins mange variabler som kan påvirke resultatet. Vår analyse er derfor en forenkling hvor ikke alle variabler er tatt med. De faktorene som vi mener påvirker rutevalget størst har vi valgt å drøfte, men gjør oppmerksom på at det kan være andre variable vi har utelatt som kan påvirke undersøkelsen. Ulike fraksjoner, har ingen påvirkning på ruteplanleggingen. Dette fordi de kjører samme rute for alle typer avfall, og det samme gjelder hentefrekvensen. Tid er en relativ variabel som påvirkes av forhold som trafikk, fartsgrenser og veistandard. Dette gjør tid til et usikkert sammenligningsgrunnlag, og er bakgrunn for at vi har sett bort fra denne variabelen.

Vi har sett bort fra eventuelle investeringskostnader i de økonomiske beregningene. Det vil si at vi ikke har foretatt beregning av investeringskostnader opp mot kostnadsbesparelsen, så om en investering bør gjennomføres eller ikke, har vi ingen grunnlag for å si noe om i denne oppgaven. De økonomiske tallene vi har fått fra Horisont er generelle budsjetterte kostnader. Vi antar at disse er representative, og alle tall vi presenterer er eksklusive merverdiavgift. Lønnskostnaden antas å være fastlønn for den enkelte ansatt, eventuelle overtidsbetalinger har vi valgt å se bort i fra i oppgaven, da ruten i utgangspunktet gjennomføres innenfor normal arbeidstid. Innunder drift- og vedlikeholdskostnader antas den budsjetterte kostnaden å dekke alt av service, slitasje og annet vedlikehold på kjøretøyet. Alle tall vi oppgir i oppgaven er avrundet til nærmeste hele tall.

1.3.3 Definisjoner

Terskelverdi – et begrep som benyttes i tilknytning til en betingelse.

Node – et begrep som benyttes om et knutepunkt innenfor ruteplanlegging. Hver node som oppgis på en rute indikerer et punkt man skal innom i løpet av den oppgitte ruten.

GLT – en forkortelse for kommunene, Gjøvik, Land (Søndre og Nordre) og Toten (Østre og Vestre).

Renovator – benyttes om personer som henter eller jobber med renovasjon og avfallshåndtering.

Renovasjon – omfatter innsamling av avfall fra husholdninger og næringsliv. Samt mottak på returpunkter og gjenvinningsstasjoner, sortering og kvalitetssikring av avfall.

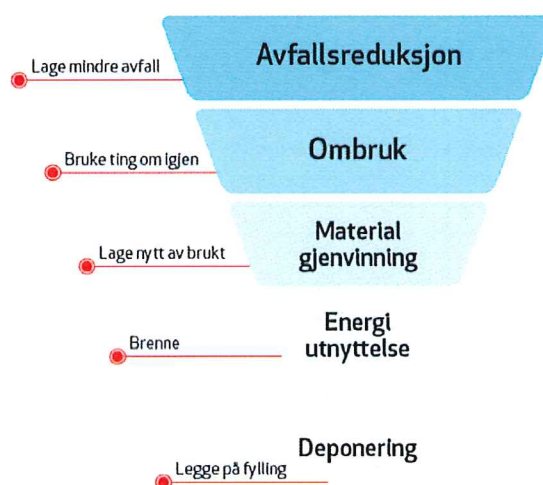
Fraksjoner – ulike typer avfall som hentes.

Planskiltekryst – veikryss der trafikkstrømmene krysser hverandre uhindret.

1.4 Horisont Renovasjon AS

I Norge er kommunene ansvarlig for avfallshåndteringen, og Horisont Renovasjon AS er et datterselskap av Horisont Miljøpark Interkommunale Selskap. Det interkommunale selskapet ble opprettet i 1991, og eies av GLT-kommunene, og har ansvar for miljøstasjoner og avfallsdeponiet i regionen (Horisont Miljøpark IKS, 2019). Horisont Renovasjon AS ble opprettet i 2017, og har ansvaret for å hente avfall hos husholdninger i kommunene (Horisont Miljøpark IKS, 2019). I 2017 hadde selskapet driftsinntekt på 8,5 millioner, med et resultat før skatt på 16 000 kroner (Proff.no, 2019). De har som mål å redusere avfallsmengden i regionen gjennom god avfallshåndtering. Figuren under viser avfallshierarkiet i renovasjonsbransjen. Målet er at alt skal kunne gjenbrukes, og ingenting gå til deponi.

I 2016 samlet selskapet inn totalt 59 000 tonn avfall av forskjellige typer, hvorav cirka 5 000 av disse gikk til sluttbehandling i deponiet. Av den totale avfallsmengden gikk omtrent 25 400 tonn til biogassproduksjon og energiutnyttelse (IKS, 2016). Denne biogassen blir blant annet benyttet som drivstoff i renovasjonsbilene, noe som minsker bedriftens miljøavtrykk. Selskapet hadde totalt 9 500 tonn avfall som gikk til gjenvinning i samme periode, og siden disse tallene er fra 2016 har avfallsmengden minket, og tallet til gjenvinning økt de siste årene. Horisonts visjon er “fra avfall til råvarer”, og selskapets miljømål er å redusere miljøbelastningen gjennom økt kvalitet og renhet på det materialet som mottas ved anlegget (Horisont Miljøpark IKS, 2019).



Figur 2: Avfallspyramiden (Avfall Norge, 2019).

Horisont Renovasjon AS består i dag av 26 ansatte, med deponi lokalisert i Dalborgmarka (Proff.no, 2019). Selskapet eier 13 renovasjonsbiler som går i daglig rute, og en kranbil for containerhenting. Dagens ruter er i stor grad planlagt etter lokal kunnskap, og overtatt etter at RenoNorden ble slått konkurs i 2017. Vi har ikke fått inntrykk av at dagens ruter er utarbeidet ved hjelp av et ruteplanleggingsprogram. Bedriften benytter imidlertid et flåtestyringsprogram kalt *Sirius* utviklet av *Traffilog*, som innhenter verdifull og relevant informasjon om bilflåten (Traffilog, 2019). Videre i oppgaven vil dette programmet omtales som *Traffilog*.

Renovasjonskjøretøyene er utstyrt med to kammer og de henter to fraksjoner samtidig. Selskapet henter all typer husholdningsavfall, som inkluderer matavfall, restavfall, plastavfall, papiravfall, og glass og metall. Renovasjonsbransjen har utviklet seg fra å ha som hovedoppgave å hente og håndtere avfall, til i dag å gjøre avfall om til nye råvarer (Avfall Norge, 2019). I dag fungerer Horisont som produsent og distributør av resirkulerte råvarer og råstoff av flere slag.

2. TEORI

I denne delen vil vi trekke inn litteratur i form av vitenskapelige artikler, bøker og rapporter som er relevante for å underbygge analysen og drøftingen videre i oppgaven. Vi vil gå inn på teorier som er sentrale innenfor ruteplanlegging og optimalisering som blant annet Vehicle Routing Problem (VRP) og Traveling Salesman Problem (TSP). Vi vil også gå inn på noen matematiske teorier for ruteplanlegging, og programverktøyet ArcGIS som vi skal benytte for å se på muligheten for å optimalisere rute 0504. Videre vil vi presentere grunnleggende økonomisk teori. I tillegg vil vi presentere en studie som viser effekten av et dynamisk ruteplanleggingssystem kontra et statisk system.

2.1 The Vehicle Routing Problem

The Vehicle Routing Problem er en teori som omhandler distribusjonsstyring. Teorien kommer fra Dantzig og Ramser (1959) som utga en artikkel om det de kalte *Truck Dispatching Problem*. Dette har utviklet seg til VRP slik vi kjenner det i dag (Cordeau *et al.*, 2007). Formålet med teorien er å løse problemer hvor en flåte med biler skal betjene et ukjent antall kunder. VRP er en grunnleggende teori i ruteplanlegging, og fagområdet har utviklet seg i flere retninger ettersom hvilket fokusområde ruteplanleggingen har. Fokusområdet kan være kapasitet, begrenset tidsvindu, hente/leverings volum, heterogen eller homogen bilpark, eller å frakte mennesker fra A til B. I følge Pillac *et al.* (2013) er kapasitet den enkleste og mest brukte teorien, og denne teorien kalles Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP).

2.1.1 Capacitated Vehicle Routing Problem

CVRP handler om at n antall kunder, skal besøkes av m antall kjøretøy, hvor summen av etterspørsel på lastebil k må være mindre enn kjøretøyets kapasitet (Kilby og Shaw, 2006). Hvert kjøretøy har sin egen rute, og felles for alle er at de starter og slutter sin rute på samme depot. Målet med teorien er å finne den ruten som minimaliserer kostnadene. Overført til renovasjonsbransjen betyr dette å finne den beste ruten som har kapasitet til å hente avfall fra n antall kunder, som skal besøkes av et kjøretøy, hvor summen av antall kilogram avfall ikke overgår kjøretøyets volum og kapasitet.

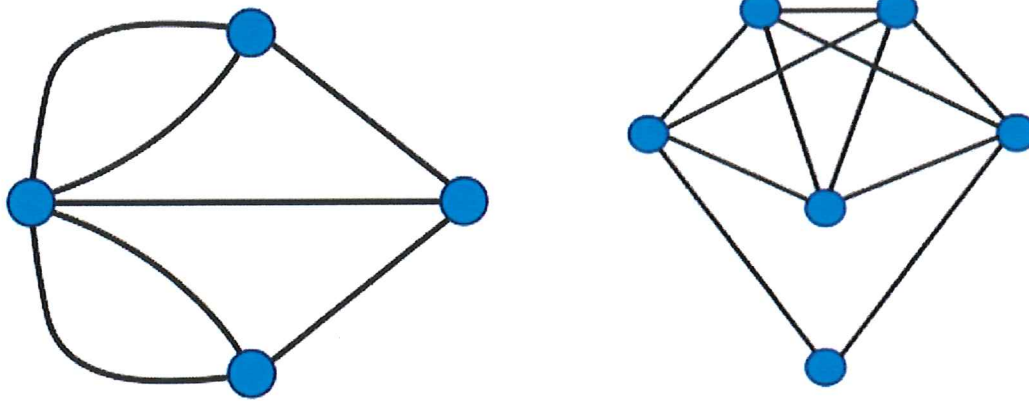
2.1.2 Traveling Salesman Problem

Traveling Salesman Problem er en teori som har hatt sitt utspring fra VRP. Teorien går ut på å finne den korteste ruten gjennom n antall stopp, for så å returnere til start. Den skiller seg fra de to andre retningene med at man tar hensyn til tid brukt på hvert stopp. Hovedformålet med denne teorien er å finne den optimale kjøreruten som minimerer kostnadene, kjørelengden og tidsbruket (Veenstra *et al.*, 2017). Et annet mål med TSP er at man skal rekke gjennom alle stoppene uten å være innom dem to ganger (Applegate *et al.*, 2011). Det betyr at man ikke kjører den samme veien flere ganger, da dette bryter med tradisjonelle teorier innen ruteplanlegging som vi vil presentere nedenfor.

Felles for både CVRP og TSP er at de er videreføringer av VRP. Begge teoriene er en tilpasning av VRP ettersom hvilke begrensninger som er viktig for bransjen man befinner seg i. Renovasjonsbransjen hører hjemme i CVRP fordi utgangspunktet for avfallsruter er å ikke overskride kjøretøyets kapasitet, samtidig som man ønsker å oppnå høyest mulig utnyttelse. Bakgrunnen for at vi også tar med TSP i vurderingen er fordi en renovatør har en tidsbegrensning på 8 timer, som utgjør renovatørens arbeidsdag.

2.2 Grafteori

Historien bak grafteori kan spores tilbake til publiseringen av Eulers klassiske avhandling fra 1736 (Assad og Golden, 1995). Euler er en matematisk teori som har utspring fra Johan Eulers løsning av problemet knyttet til «Broene i Königen». Teorien bygger på at man skal kunne besøke et gitt antall noder uten å benytte den samme veien to ganger, samtidig som at man må innom hver vei en gang. En rute bestående av flere enn to noder med et odde antall forbindelser har ikke en løsning (*se figur nedenfor*). En Eulerian-krets er en Euler vei som slutter i samme node som den startet. Samtidig kan man besøke samme node så mange ganger man vil, gitt at det er nok veier til at man ikke må kjøre samme vei flere ganger (Bierlaire, 2015). Prinsippene knyttet til Euler ligger til grunn for det meste av ruteplanlegging slik vi kjenner det i dag.

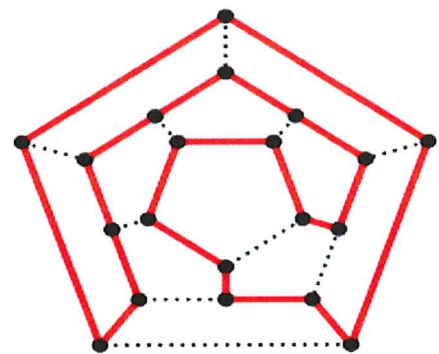


Figur 3: Ikke-Eulerianskvei og Euler syklus (S. Sepp, 2018)

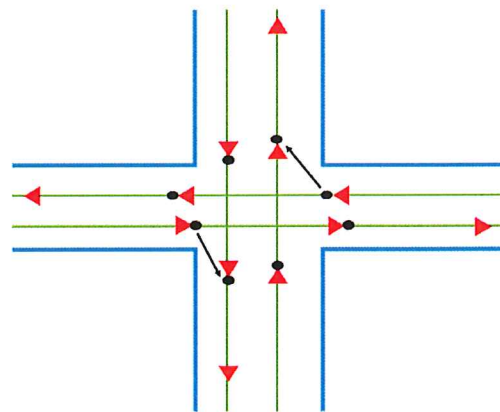
Hamilton er en annen matematisk, grafteori som bygger på at man kun kan besøke hver node i ruten en gang. En Hamilton-syklus viser en vei som ender opp i samme node som den startet, uten å være innom samme node flere ganger. I likhet med Euler, er prinsippene i Hamilton sentrale innenfor ruteplanlegging (Bierlaire, 2015).

Gjennom årene har en stadig videreutvikling av Euler og Hamilton ført med seg nye synspunkter og løsninger på ulike problemer tilknyttet ruteplanlegging. Disse løsningene heter Arc-routing, og Node-routing. Arc-routing refererer til problemer knyttet til ruteplanlegging hvor hovedoppgaven er å dekke et gitt antall veier på en transportrute (Assad og Golden, 1995).

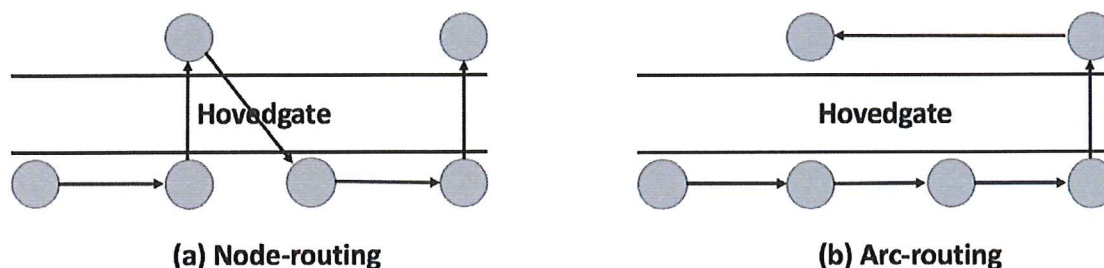
Forskjellen på node-routing og arc-routing er at node-routing har som hovedoppgave å knytte nodene sammen, og hvor veiene kun fungerer som et element på ruten som knytter nodene sammen. I Node-routing besøker man punktene på tvers av veien etterhvert som man kjører forbi. Innenfor Arc-routing betjenes den ene siden av gaten på vei nedover, og den andre på vei oppover. Assad og Golden (1995) understreker at forskjellen mellom node-routing og arc-routing er et spørsmål om modellering. Det er viktig å basere modelleringen med utgangspunkt i beslutninger knyttet til service eller leverings aktiviteter.



Figur 4: Hamilton syklus (Eric W. Weisstein, 2019).



Figur 5: Arc-routing (Bonomo et al.)



Figur 6: Forskjellen på Node-routing og Arc-routing (Sahoo et al., 2005)

2.3 ArcGIS Online

ArcGIS Online er et geografisk informasjonssystem. Verktøyet benyttes av virksomheter for effektiv forvaltning av data tilknyttet bestemte geografiske områder (Geodata, 2019). I den forbindelse har vi benyttet oss av ruteplanleggingsmodulen i programmet, kalt Plan Routes. Denne modulen gir informasjon om forhold langs den aktuelle ruten, og finner den optimale ruten basert på lengde og tid. ArcGIS tar høyde for enveiskjørte gater, fartsgrenser, høyderestriksjoner og andre sentrale variabler basert på den lokale trafikken (Malakahmad *et al.*, 2014). I analysen har man også mulighet til å angi hva slags type kjøretøy som skal brukes, og hvor mange. Programvaren skiller mellom vanlige biler og lastebiler. Dette bidrar til at ruteplanleggingen blir aktuell ut ifra hvilket kjøretøy som er ment for ruten. Man kan også angi variabler som maksimalt antall stopp og hvor mye tid som skal brukes på hvert stopp.

Modulen utfører en analyse som baseres TSP. Fordelene med dette programmet er at det forenkler den komplekse jobben det er å koordinere ruter for en flåte med biler. Målet er å generere effektive ruter som sparer tid, ressurser, drivstofforbruk og forurensing (ArcGIS Online, 2019). Programmet har følgende begrensninger:

- Maks 2000 stopp.
- Maks antall biler er 100.
- Hver bil kan ikke ha mer enn 200 stopp.
- Man kan spesifisere opp til 250 punkt barrierer. Dette kan være punkter man ikke kan kjøre gjennom.

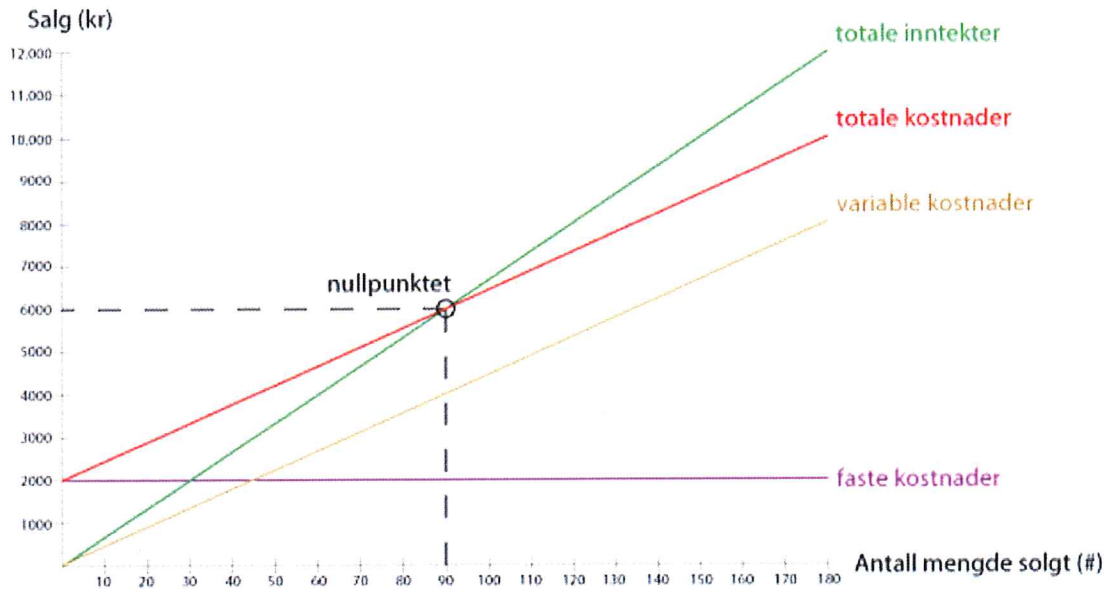
Foruten å planlegge nye ruter kan ArcGIS også brukes som et verktøy for å se om dagens ruter er optimalisert. Når det kommer til renovasjonsbransjen er en av de største kostnadene

innhenting av avfall (Malakahmad *et al.*, 2014). ArcGIS kan derfor være et nyttig verktøy for å danne seg et inntrykk av situasjonen og finne eventuelle forbedringspunkter. Det er samtidig viktig å være klar over at en slik programvare ikke kan utkonkurrere lokalkunnskap, men kan komplementeres og brukes som en kilde til nye løsninger.

2.4 Økonomisk teori

Transportbedrifter er, som alle andre bransjer, avhengig av å gå med overskudd i det lange løp. Kjennetegn med transportbransjen er at det er stor konkurranse om å vinne oppdrag, og oppdragene må til sammen gi et overskudd til bedriften (Ottesen, 2012b). I transportsektoren bør man derfor benytte seg av kalkyler for å ta avgjørelsen om man skal akseptere et oppdrag. Kalkylene som benyttes er enten en selvkostkalkyle eller en bidragskalkyle (Ottesen, 2012b). En selvkostkalkyle inneholder både faste og variable kostnader pluss eventuell fortjeneste. Denne type kalkyle er en sikkerhet for bedriften da de vet at alle kostnader blir dekket. I konkurranseutsatte bransjer bør man derimot gå for en bidragskalkyle hvis man ønsker å vinne et oppdrag. En bidragskalkyle benytter man når man har ledig kapasitet til å ta på seg nye oppdrag (Ottesen, 2012a). I denne kalkylen kalkulerer man kun de variable kostnadene som oppstår ved å ta på seg oppdraget. Tanken er at hvis du har ledig kapasitet er det bedre å akseptere et oppdrag så lenge du får dekket de variable kostnadene, og det selv om du ikke får dekket alle de faste kostnadene (Ottesen, 2012a).

Horisont Renovasjon AS ble opprettet med det formål å innhente husholdningsavfall fra de fem GLT-kommunene som står bak selskapet. Bedrifter benytter selvkostkalkyle for å se hvor store inntekter de trenger for å kunne gå med overskudd, og i Horisont sitt tilfelle er det rimelig å tro at de kommunale avgiftene er beregnet ut fra en selvkostkalkyle. Et standard abonnement for en husholdning i Østre Toten kommune inneholder fellesutgifter renovasjon på 1004 kr, kjøkkenavfall (80 liter) 987 kr og plast- og restavfall (140 liter) 1154 kr (Østre Toten Kommune, 2019). Redusert for merverdiavgift på 25%, står vi igjen med 2 516 kroner som utgjør inntekten per abonnement for Horisont. Papp og papir sammen med glass og metall ligger innunder fellesutgifter renovasjon. I teorien vil derfor rute 0504 ha en nullpunktomsætning som er lavere enn inntekten. Nullpunktomsætningen er der hvor bedriften går i null (Rammen, 2018). Inntektene på ruten bør derfor være større.



Figur 7: Illustrasjon på nullpunktomsetningsgraf (Rammen, 2018).

I transportsektoren er det vanlig å beregne kostnader knyttet til kjøretøyene. Slike kostnader måles ofte i kostnad per kilometer, og er både distanseavhengig og tidsavhengig (Grønland, 2018). De distanseavhengige kostnadene er blant annet vedlikehold, drivstoff, vask, rekvisita og dekk. De tidsavhengige kostnadene er lønn og sosiale kostnader, kapitalkostnader, årsavgift, forsikring og administrasjon. I vår analysedel har vi dermed forenklet disse kostnadene. Dette på bakgrunn av at tall vi har tilgang til fra oppdragsgiver ikke er så detaljerte som de regnestykkene rapporten viser til. Dette gjør at våre beregninger er enklere og inneholder færre variabler.

Totale kostnader for en renovasjonsbil per dag blir derfor følgende i vår modell:

$$(Distansekostnad \text{ per kilometer} * \text{antall kilometer}) + (\text{tidskostnader per dag})$$

Distansekostnader per kilometer inneholder i vår modell drivstofforbruk, vedlikehold, og driftskostnader, mens tidskostnadene inneholder avskrivninger og lønn- og sosiale kostnader. Tidskostnadene er i vår oppgave faste da renovatøren er fastlønnet, og avskrivninger utgjør en fast sum hvert år.

2.5 Dynamisk og statisk ruteplanlegging

En renovasjonsbil blir ofte stående på tomgang mens avfallet blir hentet. Dette utgjør store miljøutslipp, og ifølge Akhtar et al. (2017) utgjør drivstoff hele 70% av budsjettet til et renovasjonsfirma. Til sammenligning utgjør drivstoff kun 13% av kostnadene til en 12 meters standardbuss (Martinsen, 2018). Derfor er det flere positive aspekter ved å effektivisere avfallsruter for samfunnet både fra et kostnadsperspektiv og miljøperspektiv. I en svensk studie har Ola M. Johansson (2006) sett på hvilken effekt dynamisk ruteplanlegging har på avfallssystemet. Dynamisk ruteplanlegging skiller seg fra det tradisjonelle statiske systemet, ved at renovasjonsrutene er tilpasset etterspørselen. Dette gjøres ved hjelp av såkalte smartdunker som er utstyrt med sensorer, og som betyr at ruten kan tilpasses etter hvilke beholdere som er fulle. I dagens statiske system er hentefrekvensen fastsatt gjennom prognoser, og ruten er fast.

Studien presenterte fire forskjellige teorier basert på de to ruteplanleggingssystemene. Den første er det tradisjonelle statiske systemet de har i dag. Den andre teorien er dynamisk ruteplanlegging, hvor frekvens og rute varierer med hvilke beholdere som er fulle. Den tredje teorien er også et dynamisk system, hvor man fastsetter en terskelverdi for når beholdere skal hentes. Og den fjerde teorien er en dynamisk rute med statisk frekvens, som betyr at avfallshenting skjer på fastsatte dager, men ruten tilpasses etter hvilke beholdere som er fulle (Johansson, 2006).

Det Johansson (2006) fant ut var at for renovasjonsruter med mindre enn 100 hentepunkter, fungerte metode tre best. Bakgrunnen for dette er at den reduserer henteavstand, og øker utnyttelsen av avfallsbeholderne. Resultatet er derimot avhengig av hvilken terskelverdi som blir satt. For ruter med mindre enn 100 hentepunkter burde man ha en lav terskelverdi, eksempelvis 40%. Bakgrunnen for dette er at renovasjonsruter med mindre enn 100 hentepunkter ligger ofte i landlige områder hvor det er store avstander mellom hentepunktene. For å utnytte bilens kapasitet lønner det seg derfor å hente flere beholdere samtidig når man er i området. For renovasjonsruter med flere enn 100 hentepunkter burde man ha en terskelverdi på, eksempelvis 75%. Dette fordi de større rutene har mindre avstand mellom hentepunktene, og det tar lengre tid å stoppe å tømme beholdere som ikke er fulle enn å kjøre forbi. Metode to hadde høyeste utnyttelsesgrad av avfallsbeholdere, men metoden passer best for store renovasjonsruter i tettbebyggelse, med mange hentepunkter. Metoden gir fortsatt lengre

reiseavstand enn de andre teoriene, men har klart best utnyttelse av ressurser. For små rutesystemer genererer denne metoden svært høye kostnader fordi det skaper hyppigere hentinger, lengre avstander og lav utnyttelsesgrad av kjøretøyet. Studien konkluderte med at statisk ruteplanlegging som mange renovasjonsselskap benytter i dag passer for små renovasjonsruter, mindre enn 100 hentepunkter, sammenlignet med metode to.

Uansett hvordan man ser på fordeler og ulemper på et statisk og dynamisk ruteplanleggingssystem, så konkluderer Johansson (2006) at det dynamiske systemet har størst potensial for å redusere kostnader. Når avstanden mellom hentepunktene øker, og antall beholdere reduseres burde man imidlertid gå over til en modell lik teori tre. Artikkelen fra Johansson (2006) tar ikke med investeringskostnadene som følger et dynamisk system, som å omgjøre alle avfallsbeholdere til smart-dunker. Dette er en svakhet, og i en investerings situasjon bør fordelene med et dynamisk system vurderes opp mot kostnadene som følger operasjonaliseringen, og driften av et slikt system.

3. METODE

I dette kapitlet skal vi belyse hvordan vårt valg av design og metode har hjulpet oss i forskningsprosessen for å besvare problemstillingen vår. Vi vil presentere ulike vurderinger vi har foretatt for å sikre validitet og reliabilitet i vår oppgave, og vurdere styrker og svakheter ved metoden vår.

3.1 Forskningsdesign

Vi har i undersøkelsen valgt et eksplorativt forskningsdesign. Bakgrunnen er at vi skal utforske forhold eller fenomener som er mindre kjent eller helt ukjent (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2011). Grunnlaget for undersøkelsen er teorier og verktøy innen ruteplanlegging som det allerede er utført forskning på. Teorien må vi overføre til vårt geografiske område, og det er ikke kjent om det har blitt utført analyser i området tidligere. Typisk for slike undersøkelser er at man ikke kommer frem til en håndfast konklusjon, men man utforsker problemet, og kan komme fram til flere mulige løsninger (Pratap, 2018). I eksplorative studier er det vanlig at forskningsprosessen ikke har en lineær progresjon, men at man hopper frem og tilbake i forskningsskissen. Dette er noe vi har erfart, og problemstillingen har kommet frem etterhvert som prosessen har utartet seg. I starten hadde vi en vid, lite definert, problemstilling, som ble spesifisert og detaljert ytterligere underveis i prosessen.

Samtidig som eksplorerende design gir oss den utforskende delen av undersøkelsen vår, har vi også behov for å forklare hva det kvantitative datagrunnlaget forteller oss, og hva det betyr for analysen. Vi har derfor supplert med et forklarende design (explanatory design) for å forklare hvilken betydning og sammenheng det er mellom de kvantitative og kvalitative dataene (Baskerville og Pries-Heje, 2010). Verdien vi får av dette er evnen til å forklare hvordan en rekke faktorer henger sammen og påvirker hverandre, istedenfor å kun forklare en forekomst av et bestemt problem (Baskerville og Pries-Heje, 2010). Argumentene vi benytter har derfor både logisk og empirisk bakgrunn.

3.2 Kvantitativ og kvalitativ metode

Vi har i oppgaven valgt å benytte metodetriangulering for å besvare problemstillingen vår. Metodetriangulering er når man velger å benytte seg av både kvantitative og kvalitative innsamlingsmetoder for data, det handler om å belyse et problem fra forskjellige perspektiver (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2011). Det finnes tre typer metodetriangulering, og vi har benyttet kvalitative og kvantitative teknikker parallelt (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2011). Vår kvalitative del med observasjon og semistrukturert intervju belyser de kvantitative dataene, samtidig som at empirien støtter opp funnene fra observasjonen.

Den kvalitative metodedelen går i dybden på problemstillingen, og gir oss en helhetsforståelse som kvantitativ metode ikke gjør. Metodedelen som omhandler det kvantitative bidrar med statistiske variabler som kan sammenlignes gjennom en univariat analyse. Samtidig må vi ta i bruk økonomiske beregninger for å hjelpe oss med å underbygge kvalitative funn. Dette fremstilles i form av de forskjellige egenskapene kvantitative og kvalitative data har. De kvantitative dataene kan vi telle, og gjøre beregninger på (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2011). De kvalitative dataene kan gi en forklaring av fenomenet, men kan ikke brukes til beregninger. Disse egenskapene gir oss forskjellige perspektiver som bygger forståelsen vi presenterer i analysen av dataene.

3.3 Kvantitativ datainnsamling

Dataene vi har fått tildelt fra oppdragsgiver er hentet fra Traffilog. Her kommer det inn fortløpende rapporter under hver kjøring. Sensorer i avfallsbilen henter inn data om alt bilen foretar av blant annet start/stopp, komprimering, motor, drivstofforbruk og tid. Vi har også fått tilsendt data fra oppdragsgiver fra Google Maps om de 161 hentepunktene renovasjonsruten består av. Til sammen danner disse dataene et detaljert bilde av ruten. De kvantitative dataene har vi benyttet i ruteplanleggingsprogrammet ArcGIS Online for å kalkulere den mest effektive ruten.

Samtidig har vi utført en univariat analyse av dataene fra Traffilog for å gi oss en oversikt over materialet. Beregningene vi har benyttet er gjennomsnitt og standardavvik. Disse beregningene har vært til hjelp ved sammenligning av data fra de gangene ruten har blitt kjørt. I tillegg har vi utført økonomiske beregninger for å finne rutens selvkostkalkyle. Dette har

vært nyttig for å finne ut hvor store kostnader ruten genererer, og for å se på muligheten for å kutte kostnader.

3.3.1 ArcGIS Online

Vi fikk tilgang til ArcGIS gjennom NTNU sin programfarm. All data vi benyttet i ArcGIS Online er hentet fra Google Maps dokumentet vi fikk tilsendt fra oppdragsgiver. Vi la inn hentepunktene som breddegrad og lengdegrad, og overførte de fra Google Maps til en CSV-fil. Programmet skulle finne den raskeste kjøreruten mellom de 161 punktene. Vi la inn følgende spesifikasjoner i programmet:

- Startpunktet var i Dalborgmarka deponi i Hunndalen, og bilen skulle returnere til start ved slutten av ruten.
- Ruten hadde starttidspunkt klokken 06.00.
- Ruten skulle kjøres med en renovasjonsbil, og vi valgte tid med lastebil som måleenhet.
- Ruten betjenes av et kjøretøy.
- Tidsbegrensning på ruten var 8 timer, tilsvarende en arbeidsdag.
- Antall stopp ble satt til 163, fordi den har 161 hentepunkter pluss start og stopp ved deponiet.
- Tidsbruk per stopp ble satt til 1 minutt.

Arbeidsdagen starter klokken 06.00, og fra Traffilog fikk vi bekreftet at dette var vanlig starttidspunkt. Det ble satt en bil på ruten siden man klarer å gjennomføre den uten drivstoff fylling og tømning av bil. Dette er informasjon vi har mottatt fra oppdragsgiver og observert selv. ArcGIS måtte ta hensyn til størrelsen på bilen når rutevalg skulle kalkuleres, og valgte derfor å måle tid ved bruk av lastebil. Da tar programmet hensyn til veier som er tilpasset lastebil (ArcGIS Online, 2019). Vi kjørte analysen, og programmet kom frem til den ruten som var mest effektiv på tid.

ArcGIS har et krevende brukergrensesnitt. I utgangspunktet sies det at ArcGIS skal være brukervennlig, men programmet ga oss utfordringer i starten, før det etterhvert løsnet. Metoden vi har benyttet beregner raskeste rute og returnerer svaret i kilometer. Avstand er et godt sammenligningsgrunnlag da det ikke påvirkes av kjøreforhold.

Analyseprogrammet har også mangel på virkelighetsforståelse. Lokale forhold kan være forskjellige fra det som står i kartet, og faktorer som sesongvariasjoner kan påvirke fremkommelighet. Kartprogrammet fungerer bedre jo flere aktører som legger inn data i området. Et område med lite data vil derfor ha en svakere virkelighetsforståelse, og det er ukjent for oss om noen har foretatt tidligere analyser i området. Dette påvirker derfor hvor godt datagrunnlag ArcGIS har for å si noe om lokale forhold.

Fordelene til et slikt analyseprogram er imidlertid at det gir en grunnleggende ruteplan man kan jobbe ut fra. Det er en komplisert prosess å beregne hvilken rute man bør kjøre gjennom 161 hentepunkter for å effektivisere. I den ruten vi har fått tildelt finnes det flere måter man kan kjøre mellom punktene, men ikke alle er like effektive. Selv om et slikt program ikke kommer med en direkte fasit, så benytter programmet grunnleggende teorier innen ruteplanlegging. Et slikt program er derfor et godt verktøy å benytte på veien, og gir oss et utgangspunkt å jobbe ut fra. I analysedelen vil vi derfor benytte resultatene fra ArcGIS Online, sammen med funnene fra observasjonen til å finne den ruten vi mener er mest realistisk.

3.3.2 Beregning av matematiske variable

Data vi benyttet i de matematiske beregningene ble innhentet fra *Traffilog*. Vi beregnet standardavvik og gjennomsnitt på to variable henholdsvis drivstofforbruk og antall kjørte kilometer (jfr. *vedlegg 1*). Datagrunnlaget for kilometerstand ble hentet fra seks hentinger fra 10. januar til 21. mars, mens datagrunnlaget for drivstofforbruk ble hentet fra fem hentinger fra samme periode, eksklusive den 7. mars. Bakgrunnen for dette var at ruten ble denne dagen kjørt med en diesel bil som ikke er sammenlignbar med en biogassdrevet bil som de normalt bruker. De matematiske beregningene benyttet vi i den økonomiske delen av oppgaven, for å sammenligne rutealternativene. Dette kommer vi tilbake til i analysedelen.

Bakgrunnen for at vi valgte å benytte standardavviket er fordi det sier noe om hvor mye verdiene i gjennomsnittet ligger fra gjennomsnittsverdien (Kristensen, 2019). Et høyt standardavvik forteller oss derfor at spredningen i utvalget er stort, og er en indikasjon på at aritmetisk gjennomsnitt er et dårlig mål på sentraltendens. Vårt utvalg hadde derimot et lavt standardavvik, noe som styrker bruken av aritmetisk gjennomsnitt som mål på sentraltendens. Gjennomsnitt er et svakt mål på sentraltendens når vi har ekstremverdier i utvalget fordi

spriket i fordelingen vil avvike fra det typiske, og bli dratt mot det ekstreme (Kristensen, 2018). Siden vi ikke har valgt å ta med 7. mars i utregning av drivstofforbruk betyr dette at vi har mindre data på denne variabelen. Drivstofforbruket på diesel er forskjellig fra biogass, og av den grunn ville empiri fra den 7. mars svekket utvalget.

3.3.3 Beregning av selvkostkalkyle

Regnskapstallene vi har benyttet i vår økonomiske analyse har vi mottatt fra Horisont. Tall vi har fått tilgang til er prisen på biogass, lønnskostnader inkludert sosiale kostnader per årsverk, og budsjetterte drifts- og vedlikeholdskostnader inkludert årlig avskrivninger per bil. Til å supplere disse tallene har vi hentet distanse kjørt og drivstofforbruk fra Traffilog. Vi beregnet en selvkostkalkyle for ruten som betyr at vi regnet ut hvor mye de faste og variable kostnadene genererer i løpet av et år. Dette ble grunnlaget for sammenligning mellom alternativene. De faste kostnadene er i denne oppgaven tidskostnader, og de variable kostnadene er distansekostnader.

For å finne muligheten for innsparing på en ruteendring har vi regnet oss frem til kostnad per kilometer. Siden ruten kjøres av en bil og en renovatør forenkler dette regnestykket mot de tallene vi har fått fra oppdragsgiver. Vi beregnet drivstofforbruk per tur ved å multiplisere gjennomsnittlig drivstofforbruk per kilometer med prisen for biogass per Nm³. En liter bensin tilsvarer det samme som en Nm³ (AGA, 2019). Se teknisk informasjon om biogass under vedlegg 1. For å beregne kostnad per kilometer reduserte vi de budsjetterte drifts- og vedlikeholdskostnader for avskrivninger. Da står vi igjen med de distanseavhengige kostnadene som vedlikehold, renhold og andre driftskostnader. Vi delte de distanseavhengige kostnadene på antall kilometer bilen kjører i året. Lønn- og sosiale kostnader sammen med avskrivninger har vi tidligere antatt er faste, og derfor delte vi tidskostnadene på antall arbeidsdager i året for en renovatør.

3.4 Kvalitativ datainnsamling

Den kvalitative innsamlingen har skjedd i form av observasjon og semi-strukturert intervju. Ifølge Johannessen et. al (2011) benyttes observasjon som et supplement til de kvantitative dataene, for å se ting fra en annen synsvinkel i besvarelsen av problemstillingen. Vi har utført

observasjonen i en naturlig setting som betyr at vi har observert fenomenet vi undersøker i sine egne omgivelser. Observasjonen fungerte slik at vi var med renovatøren på jobb når han skulle tømme rute 0504 i Østre Toten, og det var en åpen observasjon. Det er når undersøkelsesobjektet er klar over observasjonen (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2011). Rollen var tilstedeværende observatør, som betyr at vi ikke deltok i tømningen, for å få en så virkelighetsnær observasjon som mulig. Vi ønsket ikke å påvirke arbeidsmønsteret, tidsbruket eller antall kjørte kilometer på turen. En tilstedeværende observatør engasjerer seg gjennom samtaler og intervjuer, er interessert og utenforstående. Vi hadde en strukturert observasjon, og opererte med et skjema med forhåndsbestemte variabler vi ønsket å registrere.

Semi-strukturerte intervju fungerer godt sammen med observasjon når man hopper frem og tilbake mellom temaer man ønsker å belyse i intervjuguiden (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2011). Det er en kombinasjon mellom strukturert og ustrukturert intervju, hvor førstnevnte har forberedt spørsmål på forhånd mens sistnevnte er uformelt og spørsmålene tilpasses situasjonen. Intervjuet ble utført samtidig med observasjonen, og vi hadde på forhånd forberedt noen spørsmål vi ønsket svar på, resten ble tatt fortløpende under observasjonen.

3.4.1 Observasjon

Før vi startet observasjonen var det avgjørende å få samtykke til å gjennomføre observasjonen. Det var viktig for oss at deltakelsen skulle være frivillig for renovatøren, og at vi ikke var til hinder i hans daglige arbeid. Vi fikk muntlig samtykke til å gjennomføre observasjonen, så lenge vi ikke identifiserte renovatøren. På forhånd hadde vi laget et observasjonsskjema, som også fungerte som en intervjuguide, med punkter vi ønsket å registrere og observere. Vi sendte to fra gruppa på observasjon, en dro på en torsdag hvor de hentet matavfall og restavfall, mens en dro på mandag hvor de hentet glass/metall og plast. Forskjellen mellom de to dagene er at på mandager kombineres to ruter, ettersom innhenting av plastavfall er en raskere prosess. På denne måten kunne vi sammenligne ruten med to uavhengige observatører, for å se på forskjeller og likheter mellom de to hentingene. Under begge observasjonene ble det samme observasjonsskjemaet benyttet, slik at samme faktorer ble observert. Observasjonsskjemaet ligger under *vedlegg 2*.

Observasjonen startet kl 06.00 ved Horisont Miljøpark. Renovatøren har kjørt denne ruten fast i to år, og har gjennom sin tid opparbeidet seg erfaring og kunnskap om arbeidet. Dette kom synlig frem under vår observasjon. Skjemaet vi hadde med dannet mye av arbeidsgrunnlaget underveis i observasjonen, og etterhvert som det oppsto momenter vi ønsket ytterligere svar på, kunne vi spørre renovatøren. Samspeillet mellom renovatør og observatør opplevdes som godt. Renovatøren tok oss imot med åpne armer, og vi fikk gode svar på de spørsmålene vi hadde. Vår tilstedeværelse kan ha påvirket renovatørens adferdsmønster, og utgjøre en svakhet. En styrke ved forskningsmetoden er at vi gjennom observasjonen har kunnet verifisere de kvantitative dataene vi har fra *Traffilog*.

3.5 Validitet og reliabilitet i datagrunnlaget

Målet med valg av metode er at metoden kan benyttes til å besvare problemstillingen. Hvorvidt dette passer sammen eller ikke sier noe om undersøkelsens validitet. Validitet er en vurdering man gjør om hvorvidt undersøkelsen er egnet for å gi svar på undersøkelsens problemstilling (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2011). Formålet med undersøkelsen er som tidligere nevnt å finne ut *hvorvidt Horisont Renovasjon AS kan forbedre renovasjonsrute 0504 i Østre Toten kommune, basert på ruteplanlegging*. Vi vil derfor nå gå gjennom hvorvidt datagrunnlaget vårt gir valide representasjoner av virkeligheten, om undersøkelsen gir et godt grunnlag for å vurdere årsakssammenhenger, og om resultatene kan overføres i tid og rom (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2011).

Når det kommer til den ytre validiteten er det viktig å være klar over at våre resultater gjelder spesifikt for rute 0504. Dersom man gjør en lignende undersøkelse på en annen rute, vil ikke resultatene kunne overføres, men metoden kan benyttes. Resultatene vi har fått i fra denne undersøkelsen er basert på tall fra januar til mars, noe som gjør at vi ikke kan prognostisere avstander eller tid ruten bruker ved andre årstider. Samtidig trenger det nødvendigvis ikke å utgjøre noen forskjell, ettersom det var liten spredning i datamaterialet, og undersøkelsen baserer seg ikke på tidsbruk men på kilometer. Til syvende og sist var vårt mål med undersøkelsen at den skulle være valid og representativ for vårt undersøkelsesområde, og gi et bilde av årsakssammenhenger som er sentrale innenfor ruteplanlegging.

Reliabilitet handler om i hvilken grad vår forskning er til å stole på. Det vil si hvor nøyaktig dataene i undersøkelsen er, hvilke data som brukes, måten de er innhentet og hvordan de er bearbeidet (Johannessen, Christoffersen og Tuft, 2011). Generelt når det kommer til den kvalitative undersøkelsen, kan for eksempel faktorer som språkforskjeller og utilpasshet være momenter som kan ha påvirket undersøkelsen. For å bevare undersøkelsens reliabilitet, prøvde vi på best mulig måte å holde oss nøytrale under observasjonen. Vi ønsket å danne oss et realistisk bilde av arbeidsdagen til renovatøren. Det er likevel en risiko for at renovatøren ble påvirket av vårt nærvær, og som nevnt kan utgjøre en svakhet. De kvantitative dataene hentet ut fra *traffilog* er real-time data registrert fra en sensor. Disse dataene utgjør grunnlaget for å sammenligne rutene opp mot hverandre, og disse dataene har som nevnt bekreftet funn fra observasjonen som styrker reliabiliteten til analysen. Den økonomiske delen har vi feilkilder ved som vil bli nevnt nedenfor. Dette er en svakhet for reliabiliteten, men vi mener tallene fortsatt gir et bilde av situasjonen med de forutsetningene vi har måttet ta.

3.6 Feilkilder

Datagrunnlaget vi har fått fra oppdragsgiver, er hentet fra og med 1. januar 2019. Dette fordi de etter nyttår gjorde små endringer på ruten, ifølge renovatøren. Samtidig kan datainnsamlingen i *Traffilog* være påvirket av hendelser som avviker fra normalen. Dette kan eksempelvis være at kjøremønsteret endres ved at veier ikke er brøytet, eller har for dårlig feste til å komme frem. Dette påvirker antall kjørte kilometer, og kan ha påvirket resultatene. Vi vil derimot legge til at vi ikke har mottatt informasjon om noe avvik på dataene.

De økonomiske beregningene kan også ha svakheter når det kommer til kostnader per kilometer. Dette fordi vi ikke vet andelen de forskjellige driftskostnadene utgjør av de budsjetterte kostnadene vi har fått tildelt, og brukt i beregningene. Vi har antatt at disse kostnadene inneholder alt fra service og vedlikehold, til dekkslitasje og oljeskift. Vi er klare på at dette er en svakhet og kan svekke de økonomiske beregningene. Dette er en feilkilde i våre beregninger da dette kun er en antagelse. Vi har ikke tatt hensyn til eventuell overtidsbetaling, da ruten normalt sett skal kunne gjennomføres på 8 timer. Avskrivningene har vi fordelt på antall arbeidsdager for en renovatør. Dette ble gjort for å forenkle utregningen av de faste tidskostnadene i den økonomiske delen. Vi er derimot klare over at

avskrivningene påløper alle dager i året, og denne feilkilden gjør at de faste kostnadene per dag er noe høyere enn i virkeligheten.

En annen mulig feilkilde kan være vår forutinntatte mening. Dette påvirker forskningen ved at vi kun oppfatter det vi ønsket svar på før observasjonen startet. Det er en risiko for at de to observatørene kan ha vektlagt faktorer forskjellig, samtidig er det en styrke å kunne sammenligne resultatene. En feilkilde i den kvalitative delen er om observasjonen er sterk nok. Etersom observasjon er en tidkrevende prosess, ble vi enige om å gjennomføre to observasjoner. Det kan finnes en risiko om hvorvidt vi burde gjennomført flere observasjoner og på samme type dager. Samtidig kunne dette ha virket for påtrengende på observasjonsobjektet, noe som kunne redusert validiteten på lik linje som å øke den. Det kan også ha vært andre sentrale variabler som påvirker undersøkelsen som vi ikke har tatt med i oppgaven.

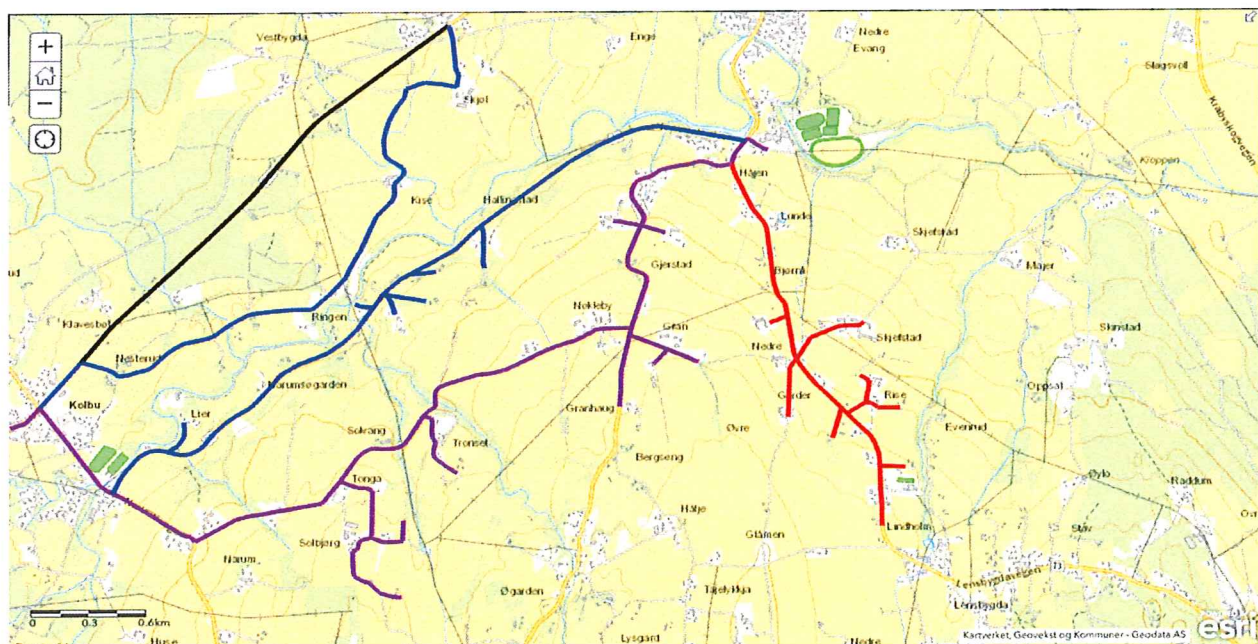
4. ANALYSE

I dette kapitlet vil vi presentere resultatene fra vår undersøkelse. Vi har analysert tre forskjellige alternative rutevalg, inkludert den de kjører i dag. Videre vil vi legge frem de økonomiske beregningene knyttet til de forskjellige alternativene, for å se om man kan oppnå besparelse ved å endre ruten. Tilslutt vil vi presentere resultatene fra observasjonen.

4.1 Resultater fra ruteplanleggingen

Gjennom arbeidet med å effektivisere rute 0504 på Østre Toten har vi utført flere analyser i programmet ArcGIS. Resultatet fra analysene er to forskjellige alternativer til dagens rute.

4.1.1 Dagens rute

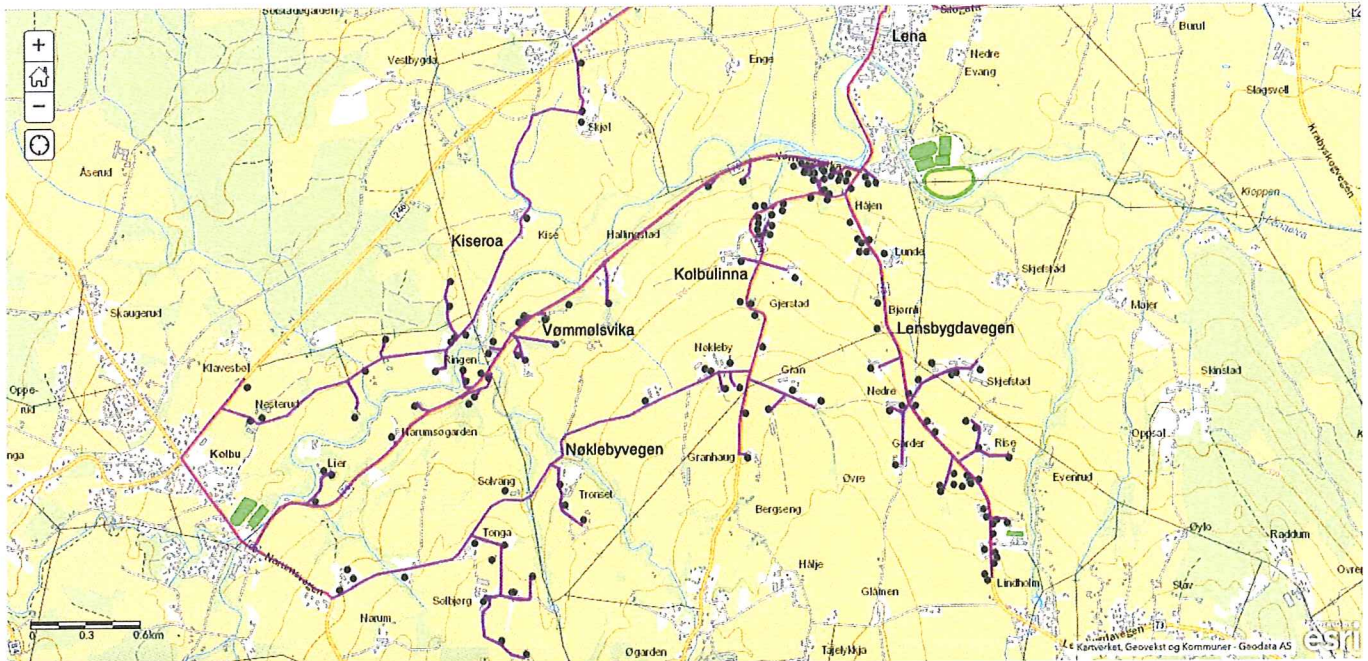


Figur 8: Dagens rute

Ruten viser dagens situasjon på rute 0504, og er utgangspunktet for de andre rutene vi presenterer senere. Den er delt opp i 3 etapper: lilla sløyfe: Nøklebyvegen – Kolbulinna, rød sløyfe: Lensbygdavegen – Lenagata, og blå sløyfe: Vømmølsvika – Kiseroa. Dette er kjøremønsteret renovatøren følger i dag. Fra Dalborgmarka i Hunndalen kjøres riksvei 4 til Reinsvoll, så videre på fylkesvei 246 til Kolbu. Derfra går ruten opp Nøklebyvegen, dette er starten for avfallshenting. Der Nøklebyvegen slutter fortsetter ruten opp Kolbulinna (f.v. 244), for så videre å ta til høyre nedover Lensbygdavegen. Her kjører renovatøren ned til

Smebyvegen hvor han snur og kjører oppover til Lenagata før den starter turen nedover Vømmølsvika, og ender opp tilbake i Kolbu. Her kjører han opp Kiseroa, som er siste hentepunkt på ruten før han kommer ut på fylkesvei 246, og kjører riksvei 4 tilbake til Dalborgmarka. Denne ruten er på til sammen 87,1 kilometer.

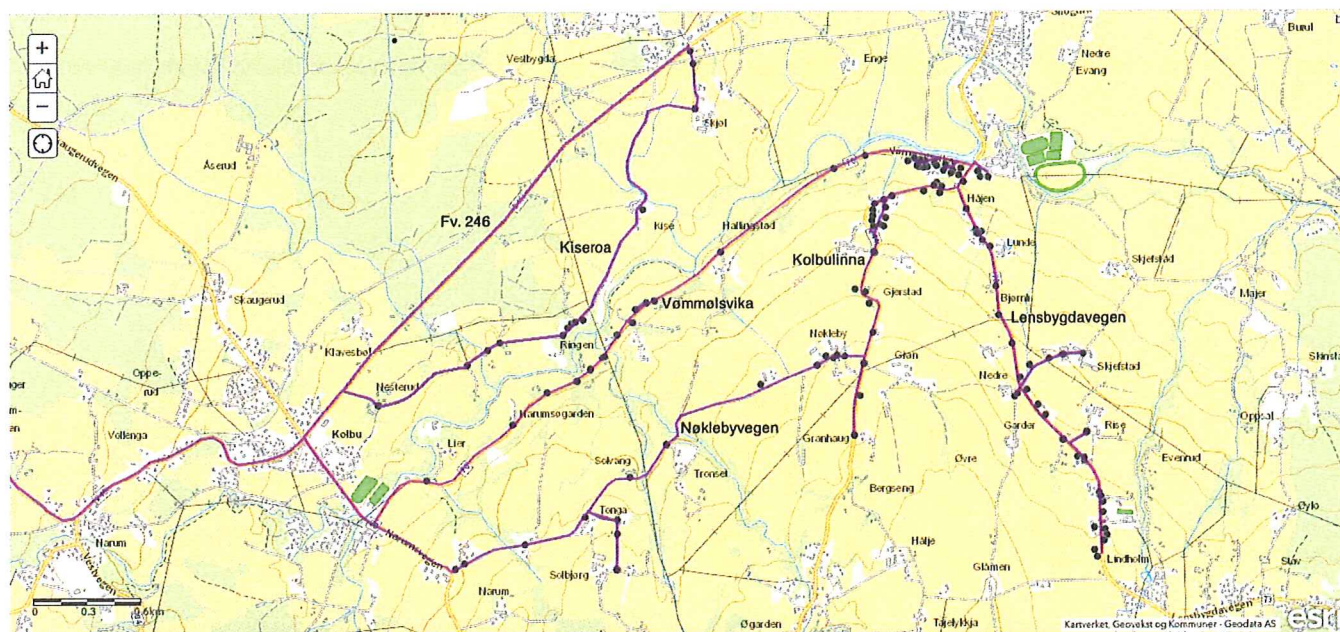
4.1.2 ArcGIS rute



Figur 9: ArcGIS rute

Denne ruten er anbefalingen fra ruteprogrammet ArcGIS. Ruten starter i Dalborgmarka og kjører fylkesvei 33 til Lena, og fra der fylkesvei 246 før den tar av ved Kiseroa. Denne veien følger man ned til Kolbu før man kjører opp Vømmølsvika. På toppen av Vømmølsvika anbefaler ArcGIS å snu og kjøre nedover samme vei, for så å kjøre opp Nøklebyvegen, og ta av på Kolbulinna til man møter Lensbygdavegen. På Lensbygdavegen kjører man nedover til man møter Smebyvegen, snur, og kjører tilbake til Dalborgmarka gjennom Lena og fylkesvei 33. Denne ruten utgjør 84,2 kilometer.

4.1.3 Alternativ rute



Figur 10: Alternativ rute

Denne ruten har vi utformet selv ved bruk av ArcGIS, og grunnleggende kjøreteorier. Hovedpoenget bak ruten er å illustrere en løsning som innebærer felles beholdere på steder der det er varierende fremkommelighet. Ruten starter med å kjøre riksvei 4 fra Dalborgmarka, gjennom fylkesvei 246 til Kolbu. Derfra går ruten oppover Vømmølsvika til Lenagata, og videre nedover Lensbygdavegen. Ved Smebyvegen går ruten tilbake samme vei og tar av ved Kolbulinna, før den går videre nedover Nøklebyvegen. Siste del av ruten går oppover Kiserøa, før den tar fylkesvei 246 tilbake til riksvei 4, og Dalborgmarka. Denne ruten utgjør 73,5 kilometer.

4.2 Resultater fra økonomisk beregning

I ruteplanlegging benyttes kostnad per kilometer. Vårt kostnadsgrunnlag baseres på de opplysninger vi har fått tilgjengelig fra oppdragsgiver. Vi har fått tilgang til følgende tall:

Budsjetterte drift- og vedlikeholdskostnader ekskl. drivstoff pr. bil i året:	275 000 kroner
Avskrivninger per bil hvert år:	385 000 kroner
Lønnskostnader inkludert sosiale kostnader per årsverk:	590 000 kroner
Drivstoffkostnader per Nm ³ (biogass):	11,81 kroner

Lønn- og sosiale kostnader betegnes som faste kostnader sammen med årlige avskrivninger. Det betyr at en endring av ruten ikke vil påvirke disse kostnadene fordi de er konstante innenfor våre rammer. Kostnad per kilometer vil derfor kun inneholde de variable kostnadene drift, vedlikehold og drivstoffkostnader. Vi har kommet frem til følgende kostnad per kilometer:

DRIFT- OG VEDLIKEHOLDSKOSTNADER PER KILOMETER:

$$\frac{\text{Kilometer per kvartal for bilen} * 4 = 6\,186 \text{ km/kvartal} * 4 = 24\,744 \text{ km/år}}{\text{Budsjetterte drift – og vedlikeholdskostnader} = \frac{275\,000 \text{ kr}}{24\,744 \text{ km/år}} = 11 \text{ kr/km}} = \text{Årlige kilometer}$$

DRIVSTOFFKOSTNADER:

$$\frac{\text{Gjennomsnittlig drivstofforbruk per 100 km}}{100 \text{ km}} = \frac{72,02 \text{ liter}}{100 \text{ km}} = 0,72 \text{ l/km}$$

$$(\text{Drivstofforbruk i liter per km}) * (\text{Pris per liter biogass}) = (0,72 \text{ l/km}) * (11,81 \text{ kr/l}) = 8,5 \text{ kr/km}$$

$$\underline{\underline{\text{KOSTNAD PER KILOMETER} = 11 \text{ kr/km} + 8,5 \text{ kr/km} = 19,5 \text{ kr/km}}}$$

Som nevnt tidligere gjelder de faste kostnadene for ett årsverk. Vi har benyttet de faste kostnadene, sammen med de variable kostnadene i beregning av selvkostkalkyler. Faste kostnader tilknyttet rute 0504 per dag utgjør følgende:

FASTE KOSTNADER PER DAG:

$$\frac{\text{Lønn og sosiale kostnader per år}}{\text{Antall arbeidsuker per år} * 5 \text{ arbeidsdager pr. uke}} = \frac{590\,000 \text{ kr/år}}{47 * 5} = 2\,510 \text{ kr/dag}$$

$$\frac{\text{Årlige avskrivninger per år}}{\text{Antall arbeidsdager i året}} = \frac{385\,000 \text{ kr/år}}{47 * 5} = 1\,638 \text{ kr/dag}$$

$$\text{Avskrivninger per dag} + \text{Lønn og sosiale kostnader} = 2\,510 \text{ kr/dag} + 1\,638 \text{ kr/dag} = 4\,148 \text{ kr/dag}$$

På bakgrunn av at et årsverk utgjør 1750 timer i året, eksklusive 5 uker ferie, blir lønnskostnaden fordelt utover 47 uker (Jakhelln, 2015).

4.2.1 Kostnader ved de ulike alternativene

Nedenfor er kostnadene forbundet med hvert alternativ presentert i form av en selvkostkalkyle. De faste kostnadene representerer tidskostnadene tilknyttet rute 0504, og de variable kostnadene tilsvarer distansekostnadene.

SELVKOSTKALKYLE:	<u>Dagens</u>	<u>ArcGIS</u>	<u>Alternativ</u>
	<u>rute:</u>	<u>rute:</u>	<u>rute:</u>
	(87,1km)	(84,2km)	(73,5km)
FASTE KOSTNADER PER DAG:	4 148 kr	4 148 kr	4 148 kr
VARIABLE KOSTNADER PER DAG:			
<i>(Antall km på ruta) * (Kostnad pr. km) =</i>	1 698 kr	1 642 kr	1 433 kr
TOTALE KOSTNADER PER DAG =	5 846 kr	5 790 kr	5 581 kr
Sparte kostnader per dag:		-56 kr	-265 kr

4.3 Resultater fra observasjon

I denne delen av oppgaven skal vi ta for oss resultatene fra observasjonen. Hva var likt, og hva var ulikt mellom observasjonene. Observasjon 1 ble utført den 7.mars, og observasjon 2 den 11.mars. Videre vil de benevnes som observasjon 1 og 2.

4.3.1 Likheter mellom observasjonene

Under begge observasjonene kom det tydelig frem at renovatøren utførte ruten basert på opparbeidet erfaring og kunnskap. For det første hadde han en klar struktur på hvordan ruten skulle gjennomføres. Den var delt inn i tre forskjellige etapper, som medførte at kun en vei ble kjørt to ganger, jfr. 4.1.1. Inndelingen var logisk, noe som kom til syne i kjøremønsteret til renovatøren. Han gjorde seg ferdig med hentepunkter på begge sider av veien, slik at han ikke måtte kjøre tilbake å hente avfall. Når det kommer til å få snudd på smale sideveier og innkjørsler fant renovatøren det mest praktisk å rygge. Dette var et overraskende funn. Renovatøren mente det var best sikkerhetsmessig å rygge seg av hovedvei og inn mot dunkene. Dette falt seg på en naturlig måte, med tanke på at kammeret er bak på bilen. En risiko med rygging på vinterføre er at veier ofte er brøytet bredere enn faktisk størrelse, og



Figur 11: Bilde fra observasjon 2, viser to-kammer bil.

på vinterføre er underlaget. Renovatøren er hver morgen nødt til å legge på kjetting, for å sikre seg mot de forhold man kan møte på. Dette er tidkrevende.

Under begge observasjonene var det tekniske problemer med den opprinnelige avfallsbilen. Renovatøren ble dermed nødt til å ta i bruk reservebiler, disse var han ikke spesielt kjent med. Standardiserte oppgaver som det å legge på kjetting, tok lengre tid enn normalt. Tekniske problemer er noe man ikke kan forutse, så behovet for service og godt vedlikehold er essensielt. Under begge observasjonene medførte disse problemene at renovatøren brukte lengre tid på ruten enn det han gjør til vanlig.

4.3.2 Ulikheter mellom observasjonene

Under observasjon 1 skulle det hentes rest- og matavfall, mens under observasjon 2 ble det hentet plastavfall. Rest- og matavfall blir samlet opp i hver sin avfallsbeholder. Da henter renovatøren to dunker, tømmer de, før han så setter de tilbake på plass igjen. Plasten blir derimot innhentet i egne, plastposer som renovatøren kan kaste inn i kammeret før han kjører videre. Ved henting av rest- og matavfall tok det 1.minutt, mens henting av plastavfall tok 20 sekunder. Dette er målt fra han går ut av bilen, til han er klar for å kjøre videre. Det viser den

ikke alltid markert med brøytstikker. Noe som i ytterste konsekvens kan føre til utforkjøring. En annen faktor er at man har mindre kontroll på et glattere underlag, enn ved grus og asfalt.

I Norge er det to årstider for renovatørene; sommerføre og vinterføre. Vår oppgave har basert seg på vinterføre. Det er flere utfordringer på vinterføre for renovatøren, noe som genererer lengre arbeidsdager. På vinterføre tar ruten i gjennomsnitt 1,5 time lenger å gjennomføre, ifølge renovatøren. Først og fremst er fremkommelighet en stor utfordring. Adkomstveier og avfallsbeholdere som ikke er brøytet blir ikke hentet. Dette var en gjentakende faktor flere steder under begge observasjonene. En annen utfordring

vesentlige forskjellen ved å hente flere dunker og sette dem tilbake, kontra å plukke med seg en plastpose.

Som nevnt i forrige delkapittel var tekniske problemer en utfordring under begge observasjonene. Forskjellen mellom observasjon 1 og 2, var at den første observasjonen ble gjennomført med en mindre og smalere bil enn normalt. Denne hadde bedre fremkommelighet, som gjorde det lettere å utføre arbeidet under de gjeldende forhold. Ulempen var at dette var en bil, som gikk på fossilt brensel.

5. DISKUSJON

Kapitlet starter med drøfting av resultatet fra de forskjellige rutene. Vi vil gjennomgå alle rutene hver for seg med styrker og svakheter, før vi tilslutt foretar en sammenligning av alle tre. Deretter kommer vi med vår egen refleksjon over materialet som sterke og svake sider, og hva som kunne blitt gjort annerledes.

5.1 Drøfting av resultat

Gjennom analysene vi har foretatt er det faktorer som et ruteplanleggingsprogram ikke tar høyde for, og disse vil vi presentere nedenfor. Her vurderer vi styrker og svakheter ved de tre alternativene, og drøfter hvorvidt de kan gjennomføres i praksis.

5.1.1 Dagens rute

Dagens utgangspunkt er det lengste alternativet, med totalt 87,1 kilometer og kostnader på 5 846 kroner per dag. Ved første øyekast er ruten utført basert på en logisk tankegang. Den er strukturert, effektiv og eliminerer risiko for å glemme hentepunkter. For renovatøren som betjener ruten er den godt innarbeidet, noe som er en fordel. Gjennom læring og rutine sier teorien at man oppnår kontinuerlig forbedring, og derfor skaper effektivisering og kostnadsreduksjon. Dette vil være en fordel som kun denne ruten har, sett opp mot de andre. Under observasjonen fikk vi svar fra renovatøren om de rutevalgene han tar, og informasjonen styrker dette alternativet ytterligere. Renovatøren har selv delt opp ruten i tre etapper for å organisere avhenting. Denne ruten gjør at han kun kjører hver vei kun engang, så langt det lar seg gjøre, som samsvarer med grunnleggende kjøreteorier. Siden renovatøren er fast lønnet er det heller ingen grunn for at han skulle ønske å bruke lengre tid enn nødvendig på ruten. Gjennom analysene har vi sett at fv. 33 er 0,8 km kortere sammenlignet med rv. 4 inn til området ruten starter. Vi gjør oppmerksom på at startpunktet på ruten endres etter hvilken vei man kjører inn til området. Kjører man gjennom Lena vil starten på ruten være ved Kiserøa eller Vømmølsvika, og hvis man kjører gjennom Kolbu vil startpunktet være slik som i dag. Forskjellen på 0,8 km utgjør 1,6 km tur retur Dalborgmarka. Vi mener at denne forskjellen er minimal, når vi vurderer den sammen med andre faktorer som veistandard, fartsgrenser og trafikk. I tillegg er rv. 4 nyere og har bedre veistandard, planskilte

kryss, høyere fartsgrenser og mindre morgentrafikk. På bakgrunn av dette styrkes valget av rv. 4 via fv. 246 inn til Kolbu. Til sammen medfører dette spart tid for renovatøren.

Dette alternativet bygger på teorien om Eulers vei, fordi renovatøren i utgangspunktet ikke ønsker å kjøre samme vei to ganger. Dette unngås på ruten bortsett fra at Lensbygdavegen må kjøres begge veier. I forhold til andre deler av ruten hvor node-routing brukes for å hente avfall på begge sider av veien brukes det på Lensbygdavegen, Arc-routing. Dette for å gjøre seg ferdig med høyreside på vei nedover, for så å ta motsatt side på vei oppover. En svakhet ved ruten er derimot at det er mye rygging. Gjennom møte med Horisont kom det frem at den vanligste årsaken for bilberginger var utforkjøringer forårsaket av rygging. Vi vil derfor anta at det er ønskelig å redusere antall rygginger for å hindre slike hendelser, som gir betydelige kostnader.

5.1.2 ArcGIS rute

Ruten baserer seg på ArcGIS Online, og er ifølge programmet den mest effektive ruten å kjøre basert på teoriene om VRP og TSP. Dette alternativet utgjør 2,9 kilometer mindre enn dagens rute, som er utgangspunktet. Selv om det er relativt liten forskjell mellom dagens rute og ArcGIS ruten, så kan dette utgjøre en vesentlig forskjell i et større perspektiv. Dette gjør at kostnadene forbundet med ruten er lavere enn dagens rute, men om den er mer effektiv i praksis er usikkert.

Ved kjøremønsteret ArcGIS anbefaler er det flere svakheter som utpeker seg. Programmet tar ikke hensyn til grunnleggende kjøreteorier, blant annet Euler. Euler sier at man ikke skal kjøre samme vei to ganger, mens ArcGIS presenterer en rute der dette skjer ved to anledninger. Lensbygdavegen må kjøres to ganger i alle løsningene vi har kommet frem til, men det er også den eneste felles faktoren mellom alternativene. Grunnen til at det kalkuleres med å kjøre Vømmølsvika to ganger, er fordi programmet ønsker å ta fv. 33 inn til området med startpunkt ved Kiseroa. Det gjør at ruten ikke oppfyller kravene til Euler, og vi har det som kalles en ikke-euleriansk krets. Som nevnt under dagens rute er fv. 33 kortere enn rv. 4 fra depot, og til sammen utgjør denne forskjellen 1,6 kilometer. Dette er svært lite med tanke på kostnader. En annen teori ArcGIS tar hensyn til på Vømmølsvika er Arc-Routing, da den henter avfallet på høyre side. En mulig svakhet med dette valget er at renovatøren kan glemme hentepunkter som blir kjørt forbi, og det gjør ruten mer komplisert. Et annet problem

med denne løsningen er at høyresiden fra Kolbu oppover Vømmølsvika er preget av stigninger på samtlige innkjøringer. Hvis man kjører i høyre kjørefelt og skal foreta en høyresving, mangler bilen moment til å komme seg opp de vanskeligste bakkene på vinterføre. Noen av innkjøringene blir i tillegg krappe fra høyre side. Vi ser ut fra disse faktorene at programmet ikke kan direkte overføres til virkelighet.

Basert på våre beregninger vil vi kunne spare totalt sett 56 kroner per dag ved denne løsningen. Noe som utgjør 1 456 kroner hvert år. Vi ser derfor at sammenlignet med dagens situasjon vil ruteendringen ha en relativt liten innsparing.

5.1.3 Alternativ rute

I likhet med ArcGIS ruten er denne ruten utarbeidet ved bruk av ArcGIS online. Forskjellen fra ArcGIS ruten er at på denne ruten har vi selv slått sammen hentesteder som kan slås sammen til felles hentepunkter. Vi mener alternativet har potensiale til å generere en mer effektiv rute, der man kutter ned på antall avstikkere fra hovedvei. Med dette kan man redusere antall rygginger, utforkjøringer og dårlig fremkommelighet på vinterstid.

Hovedsakelig utføres denne ruten ved bruk av node-routing, slik som mesteparten av de to andre rutene også gjør, med unntak av Lensbygdavegen. Vi har valgt å benytte rv. 4 som adkomstvei via fv. 246 på bakgrunn av faktorene nevnt i dagens rute.

En styrke ved denne ruten er at vi kutter 13,6 kilometer på ruten, ved å ha fellesbeholdere på områder av ruten vi mener er kritiske. Samlepunktene kutter både tid og kilometer, samt redusere den ulempen ryggingen medfører for sjåføren. På motsatt side kan dette føre til en tyngre arbeidsdag for sjåføren. En fellesbeholder blir fort tyngre og mindre praktisk å tømme, noe som kan ta lengre tid. Et annet alternativ til samledunker er å lage avfallsstativ, basert på slik Posten har gjort med postkassestativ. Da vil alle husholdninger ha sin egen beholder, men de vil stå på et samlepunkt. Løsningen gir færre stopp på ruten for renovatøren, og fordelene er at det minsker risikoen for å glemme hentepunkt. En svakhet til alternativet er at det kan medføre investeringskostnader vi har valgt å ikke ta med i denne analysen. Derfor har vi heller ingen grunnlag til å si om et slikt tiltak bør gjennomføres, eller om det er økonomisk nyttig. Tiltaket kan også medføre misnøye blant abonnentene, som i dag er vant til å ha avfallsbeholderne rett utenfor døra. En mulighet er å innføre et prøveprosjekt for et gitt område, og se hvilke erfaringer man bygger seg.

Den alternative ruten er realistisk å gjennomføre på lang sikt, men på kort sikt er det utfordringer knyttet til investering og organisering. Et annet moment vil være at renovasjonsforskriften for GLT-kommunene må endres, da den blant annet setter som krav at avfallsbeholdere kan plasseres opptil 10 meter fra adkomstvei. En endring av forskrift kan være et tidkrevende arbeid, men samtidig kan en fellesbeholder gagne renovatøren ved at det blir mindre belastning med store avstander på ruten. Man vil kunne spare 265 kroner per dag som tilsvarer 6 890 kroner i året, sammenlignet med dagens situasjon med dette alternativet. Det er selvfølgelig usikkerhet knyttet til tallene vi presenterer, men det å kutte 13,6 kilometer vet vi vil utgjøre en besparelse. Vi vil avslutningsvis poengtere at ArcGIS ruten og alternativ ruten ikke er fullstendig sidestilte alternativ. Vi mener at begge er gjennomførbare, men at ArcGIS ruten kan endres på dagen, mens den alternative ruten krever tid og ressurser.

5.2 Drøfting av de økonomiske variablene

For å underbygge om de økonomiske variablene i oppgaven har vi innhentet tall fra sekundærkilder for kostnader tilknyttet tungtransport og renovasjonsbransjen. Vi har benyttet en artikkel fra Transportøkonomisk institutt (TØI) som ser på tids- og distansekostnader for tungtransport, for å se om tallene fra Horisont er reelle. Tidskostnader er i artikkelen definert som lønn, sosiale kostnader, forsikring, årsavgift og kapitalkostnad inkludert avskrivninger (Grønland, 2018). Dette er kostnader som er tidsavhengig og som påløper uavhengig av distanse. Distansekostnader inneholder vedlikehold, drivstoff, dekkslitasje og vask. Denne kostnaden er kilometeravhengig. Alle kostnader og prosentsatser hentet i fra artikkelen er betegnet som tung distribusjon med container. Dette er fordi denne kategorien hadde flest likhetstrekk med en renovasjonsbil.

Ifølge Grønland (2018) er det utarbeidet en standard tidskostnad på 460 kr/time som inkluderer kapitalkostnad. Tidskostnaden utgjør 3 680 kr/dag. Vi beregnet tidskostnader på 4 148 kr/dag, som utgjør 975 000 kr/år. Når vi trekker fra arbeidsgiveravgift og feriepengar på de budsjetterte lønn- og sosiale kostnadene finner vi en årslønn på 423 000 kroner. Fra utdanning.no har vi funnet at gjennomsnittlig årslønn for en renovasjonsarbeider er på kr 420 000 (Utdanningsdirektoratet, 2019). Dette mener vi underbygger de budsjetterte kostnadene vi har oppgitt fra Horisont. Vi antar at årsaken til at tidskostnaden er større i våre

beregninger enn i artikkelen kommer av forskjeller i kapitalkostnader. Samtidig at det kan være feil å sammenligne renovasjonsbransjen med tung distribusjon med containerer.

I artikkelen er distansekostnadene fordelt med 17% på vedlikehold, 20 % på dekkslitasje og renhold og 63% på drivstoff (Grønland, 2018). Hvis vi ser på dagens rute som har en distansekostnad på 1 698 kr per dag, utgjør vedlikehold 289 kr, dekk og renhold 340 kr og drivstoff 1 070 kr. I realiteten utgjør drivstoff med vår sats på 8,5 kr/km, 740 kr per dag. Sammenligner vi drivstoff satsen på 63% med 19,5 kr/km som vi har kommet frem til i oppgaven, utgjør drivstoff 12,3 kr/km. Siden prisen for biogass er 11,81 kr/Nm³, utgjør drivstofforbruket per kilometer over 1 Nm³ som vi tidligere har nevnt tilsvarende 1 liter drivstoff. Satsen på kostnad per kilometer fra artikkelen er på 5,76 kr/km, som utgjør en årlig distansekostnad på 142 525 kr. Dette tallet inneholder både drivstoff og vedlikehold, i motsetning til våre budsjetterte kostnader, som på 11 kr/km alene utgjør 272 184 kroner. Legger vi til drivstoff på denne kostnaden er vi helt oppe på 482 508 kroner. Det er derfor grunnlag for å si at satsen ikke er sammenlignbar med våre distanseavhengige kostnader. Se vedlegg 4 for utregninger.

5.3 Ekskluderte faktorer som kunne påvirket resultatet

I denne oppgaven er det også faktorer som kan ha påvirket resultatet, men som vi har valgt å se bort i fra. En av disse er de nærliggende rutene som grenser til rute 0504. Avfallssystemet er svært komplekst, men det er kanskje mulig å generere en større besparelse hvis vi hadde sett på hvordan de nærliggende rutene kjøres. Teorien om euleriansk krets er i ruteplanlegging sentral fordi det i stor grad påvirker utnyttelsesgrad av de ressurser som inngår i avfallshenting, slik som utnyttelsen av kjøretøyet og avfallsbeholdere. I en helt optimal verden ville alle avfallsbeholdere hentes når de er fylt helt opp. Dette skaper høyest utnyttelse av avfallsbeholderen, som vil redusere hentefrekvensen. Samtidig vil utnyttelsesgraden av kjøretøyet være høyest når kammene i renovasjonsbilen har nådd sin maks kapasitet. Det å hente nesten tomme beholdere, eller det å kjøre med tilnærmet tom bil er ikke lønnsomt. Vi tror derfor det er mulig å finne større besparelser hvis man hadde sett på muligheten for å hente avfall på nærliggende ruter når man er i området, og motsatt. En annen faktor er om rutemønsteret er mest drivstoffeffektivt. Med dette mener vi at faktorer i topografien kan påvirke drivstofforbruket. I området ruten ligger er det varierende høydeforhold, og det å

kjøre oppover bakker med stor helning, og bakkestart øker drivstofforbruket ytterligere. Rutemønsteret kunne derfor vært planlagt ut ifra at man ønsker å kjøre nedover de bratteste bakkene. En siste faktor er at det finnes mulig besparelse på å endre hentefrekvensen på de forskjellige fraksjonene. Da kunne vi sett på lønnsomheten til å ha to kammer i renovasjonsbilen, slik som i dag, kontra det å ha et kammer eller tre kammer. Det å endre til ett kammer ville gjort at man kunne hente avfall fra flere hentepunkter, før kammene ble fylt opp. Dette kunne også ha påvirket rutemønstret, og gi økt besparelse for bedriften.

Bakgrunnen for at disse faktorene ikke er inkludert i oppgaven er på grunn av omfanget til oppgaven. Fokuset var på ruteplanlegging, og derfor så vi det som mest interessant å finne den mest effektive renovasjonsruten basert på kilometer. Dette sammen med det faktum at tidsbegrensningen på å fullføre oppgaven var på fire måneder, var en viktig faktor for at vi ønsket en så konkret oppgave som mulig.

5.4 Gyldighet og pålitelighet

I prosessen med å undersøke rute 0504 på Østre Toten er det flere ting vi kunne gjort på en annen måte som kunne styrket datagrunnlaget vårt. Dette er hendelser som vi ser i ettertid kan ha påvirket utfallet av undersøkelsen, eller faktorer som kunne gitt resultatene økt reliabilitet.

Som tidligere nevnt var det kun to av personene på gruppen som utførte observasjon. Om alle tre hadde utført observasjon kunne vi kanskje funnet flere ulikheter mellom avfallshentingene, og hatt flere perspektiver på faktorer som påvirker avfallshenting. På forhånd hadde vi lagd et observasjonsskjema med faktorer og variabler vi tenkte var avgjørende for avfallshenting. I undersøkelsen fant vi ut at noen av hendelsene vi skulle måle, oppsto så ofte at det å telle hadde ingen betydning. Dette gjaldt blant annet rygger som vi på forhånd trodde var sjeldent, men som viste seg ble gjort omtrent hele tiden. Det var også flere momenter vi burde vært flinkere å dokumentere i form av bilder, men som vi ikke hadde tid til og som ble bortglemt. Samtidig er det mulig vi har vektlagt informasjonen vi har fått fra renovatør litt for høyt, rundt spørsmål om hvorfor han kjører ruten slik han gjorde. På en annen side tror vi at erfaringen han har opparbeidet gjennom to år, kanskje er den viktigste kilden til et realistisk bilde. I alt har observasjonen gitt oss et nytt perspektiv på avfallshenting som har vært avgjørende for oppgaven. Særlig topografien i området var forskjellig enn det vi trodde ut fra

kartet. Dette har vært til stor hjelp gjennom oppgaven til å finne løsninger som faktisk lar seg gjennomføre i praksis. Samtidig har undersøkelsen gitt oss muligheten til å validere datagrunnlaget fra Traffilog, og forstå hvor avvikene i datamaterialet kommer fra når vi skulle benytte de i sammenligningen.

De økonomiske variablene har vi forsøkt å støtte opp under med en sekundær kilde fra TØI. Vi ser derimot at sammenligningsgrunnlaget er noe svakt, særlig på distansekostnadene, da tallene vektlegger forskjellige variable. Problemet med tallene vi har fått fra Horisont er at vi ikke vet fordelingen mellom vedlikehold og andre driftskostnader. I ettertid har vi tenkt at det er sannsynlig at drivstoffkostnadene også er inkludert i de budsjetterte drift- og vedlikeholdskostnadene. Dette betyr at vi ville hatt en distansekostnad lik 11 kr/km som inkluderer både drivstoff og vedlikeholdskostnader. Vi ser imidlertid at det fremdeles er stort avvik fra de 5,76 kr/km artikkelen regner med. Dette gjør at vi ikke for et realistisk bilde av kostnadsstrukturen med de prosentsatsene som artikkelen presenterer. På et tidligere tidspunkt i prosessen kunne vi spurt om en mer detaljert fordeling av kostnadene vi fikk oppgitt. Hvis det er slik at drivstoffet er inkludert i de budsjetterte drift- og vedlikeholdskostnadene som utgjør 275 000 kr/år, har vi i denne oppgaven en feilmargin på 207 508 kr (*jfr. Vedlegg 3*). Vi presiserer også at det kan knyttes usikkerhet om satsen for tungtransport med container er sammenlignbart med renovasjon.

Påliteligheten til ruten vi har kommet frem til ved hjelp av ArcGIS Online har vi drøftet ovenfor. Vi tror derimot at det er mulig at vi hadde fått et annet resultat om ruten ble kjørt i et annet program. Der man kunne beregnet ruten direkte på kilometer, og ikke på tid slik som i ArcGIS Online. Vi måtte kjøre flere analyser i programmet før vi fikk et resultat som var realistisk å gjennomføre for en renovasjonsbil. Dette kan ha svekket gyldigheten til det resultatet vi har fått. Det er også en mulighet for at vi ikke har fått utnyttet spesifikasjonene til programmet optimalt når vi har kjørt analysene våre.

6. KONKLUSJON

Formålet med denne undersøkelsen har vært å finne forbedringer tilknyttet ruteplanlegging for rute 0504. Følgende problemstilling har vært grunnlaget for oppgaven: *Kan Horisont Renovasjon AS forbedre renovasjonsrute 0504 i Østre Toten kommune, basert på ruteplanlegging?*

Gjennom arbeidet med analysene har vi sett at det er flere faktorer som påvirker et rutevalg. Vi har sett at teori er vanskelig å overføre til praksis. Da vi fikk tildelt kartutsnittet til rute 0504 så vi at hentepunktene var relativt spredt utover et større område. Dette kjennetegner distriktsruter. Erfaringer fra observasjonen har vist at kjøreteorier som Hamilton og Arc- Routing er krevende å gjennomføre grunnet de lokale forholdene. Dette har påvirket vår vurdering av rutevalg og begrunnelse av konklusjonen.

Vi har vurdert at analysen fra ArcGIS er en reell, gjennomførbar rute. Ruten tilsvarer en årlig besparelse på 3,3%, som er en relativt liten andel av de totale kostnadene. Hvis man derimot klarer å kvantifisere besparelsen til andre ruter, kan dette utgjøre et betydelig beløp for Horisont Renovasjon AS. Om bedriften klarer å kutte i gjennomsnitt 3,3% på sine 112 renovasjonsruter, vil besparelsen utgjøre nærmere 163 000 kr i året. Samtidig er vi klar over at de tallene vi har kommet frem til ikke kan sammenlignes på tvers av renovasjonsrutene, men at potensialet er der.

Når det gjelder den alternative ruten ligger denne løsningen lenger frem i tid. Den krever en modifisering av renovasjonsbransjen slik vi kjenner den i dag, da både kravene i renovasjonsforskriften, og husholdningenes holdning til avfallshåndtering må endres. Vi har kommet frem til at denne ruten har en årlig besparelse på 15,6%. Potensialet for Horisont er en innsparing på 772 000 kr per år dersom en slik løsning kunne vært benyttet på samtlige av deres renovasjonsruter.

Til tross for at de to alternativene vil gi innsparinger for Horisont, tror vi at dagens rute er optimalisert ut fra de forutsetninger som ligger til grunn for avfallshenting. Dette kommer av at ArcGIS ruten kun kutter 2,9 km av dagens rute, og 1,6 km av de kommer av at man kjører fv.33. Det betyr at det kun er 1,3 km som ikke er gjort rede for, og om disse kommer fra dag-til-dag variasjoner eller kortere rute er dermed usikkert. Vi mener at faktorer som bedre veistandard, planskilte kryss og en allerede innarbeidet rute styrker dagens situasjon. Vi

vil likevel poengtere at vi ikke fullstendig avskriver ArcGIS ruten, da den ikke er prøvd i praksis. Den alternative ruten kan de ta i betraktning, men en slik løsning bør sees nærmere på i et eget prosjekt. Dette kommer av at man bør se på hvor mange kilometer man kan kutte på hver rute, og investeringskostnader knyttet til et slikt prosjekt.

Vi har kommet frem til den konklusjon at det er forbedringspotensial på rute 0504 basert på ruteplanlegging. ArcGIS har kommet frem til en løsning som reduserer antall kilometer på ruten. Om bedriften ønsker å se om ruten i praksis er mer effektiv på tid enn dagens situasjon, må de selv teste dette ut. ArcGIS som program, er et nyttig verktøy i ruteplanleggingsarbeidet, og gir et godt utgangspunkt for det videre arbeidet. Programmet er komplekst, og krever teknisk kompetanse. Avslutningsvis vil vi si at dagens rute er løst på en logisk god måte, og vi tror kanskje det er større innsparinger å hente på andre ruter.

6.1 Videre forskning

Som vi har oppdaget gjennom arbeidet med denne oppgaven er avfallshåndtering og ruteplanlegging et komplekst fagfelt. Ved et fremtidsretta syn ser vi at sensorer og integrert informasjonsinnhenting om forbruker vil påvirke fremtidens renovasjonsbransje. Studien som er gjennomført i Malmø, presentert i avsnitt 2.5, er teknologi vi mener man kommer til å se mer av i tiden fremover. Vi ser da på et mer forbrukertilpasset avfallssystem, og som kommer til å effektivisere avfallshenting ytterligere. Ved en mer dynamisk avfallshenting, vil dette kunne gi forbrukeren nytte når avfall hentes etter behov, operatøren vil unngå unødig kjøring, og det er rimelig å tro at bedriften kan oppnå ytterligere besparelser. Videre studier kan også være å se på en løsning for fellesbeholdere i GLT-kommunene, og om det er lønnsomt og realistisk å gjennomføre.

7. LITTERATURLISTE

- AGA (2019) *Biogass - Det beste drivstoffet*. Tilgjengelig fra: https://www.aga.no/no/products_ren/biogas/index.html (Hentet: 05.04.2019).
- Applegate, D. L. *et al.* (2011) *The Traveling Salesman Problem: A Computational Study*. Princeton: Princeton University Press.
- ArcGIS Online (2019) *Plan Routes*. Tilgjengelig fra: <https://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/analyze/plan-routes.htm> (Hentet: 13.03.2019).
- Assad, A. A. og Golden, B. L. (1995) Chapter 5 Arc routing methods and applications, *Handbooks in Operations Research and Management Science*, 8, s. 375-483. doi: [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(05\)80109-4](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(05)80109-4).
- Avfall Norge (2019) *Om bransjen*. Tilgjengelig fra: <https://www.avfallnorge.no/hva-jobber-vi-med/om-bransjen> (Hentet: 28.02.2019).
- Baskerville, R. og Pries-Heje, J. (2010) Explanatory Design Theory, *Business & Information Systems Engineering*, 2(5), s. 271-282. doi: 10.1007/s12599-010-0118-4.
- Bierlaire, M. (2015) *Optimization: Principles and algorithms*. Lausanne: EPFL Press.
- Bonomo, F. *et al.* *A method for Optimizing Waste Collection Using Mathematical Programming: A Buenos Aires Case Study*. Tilgjengelig fra: http://mate.dm.uba.ar/~fbonomo/docs/papers/BDLM12.pdf?fbclid=IwAR3_koAfy607GPHih1q0Q_mtOfRrk2ovuN7CcouGzOUe818CBLwaInw-rCc (Hentet: 12.04.2019).
- Cordeau, J.-F. *et al.* (2007) Chapter 6 Vehicle Routing, i Barnhart, C. og Laporte, G. (red.) *Handbooks in Operations Research and Management Science*. Elsevier, s. 367-428.
- Eric W. Weisstein (2019) *Hamiltonian Cycle*. Finnes ved Illustrasjon av en Hamilton syklus. Tilgjengelig fra: <http://mathworld.wolfram.com/HamiltonianCycle.html> (Hentet: 12.04.2019).
- Geodata (2019) *ArcGIS fra Esri*. Tilgjengelig fra: <https://www.geodata.no/produkter-og-tjenester/arcgis-fra-esri?fbclid=IwAR0T-zWm43AndJqs0sl3-NNEOaYEqwFfJdg1xdP8Tb2u2p1n2UxBTzBHReo> (Hentet: 23.04.2019).
- Grønland, S. E. (2018) *Kostnadsmodeller for transport og logistikk - basisår 2016*. (1638/2018). Oslo: Transportøkonomisk institutt. Tilgjengelig fra: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=48556&fbclid=IwAR1w6qBy73y8fDgNo7hJsud1G6uJPE6n99GfQ-hF7LgsBv0EXZQa7S9GEWs> (Hentet: 03.04.2019).
- Halvorsen, K. (2008) *Å forske på samfunnet*. Oslo: Cappelen Akademisk Forlag.

Horisont Miljøpark IKS (2019) *Horisont Miljøpark IKS*. Tilgjengelig fra: <https://www.hiks.no/om/horisont/> (Hentet: 18.02. 2019).

IKS, G. A. (2016) *Årsrapport og årsregnskap*. (GLT Avfall). Oppland: GLT Avfall IKS. Tilgjengelig fra: file:///Users/Hanne/Downloads/%C3%85rsrapport%202016.pdf (Hentet: 28.02.2019).

Jakhelln, H. (2015) *Årsverk*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/%C3%A5rsverk> (Hentet: 04.04.2019).

Johannessen, A., Christoffersen, L. og Tufte, P. A. (2011) *Forskningsmetode for økonomisk-administrative fag*. Oslo: Abstrakt forlag AS.

Johansson, O. M. (2006) The effect of dynamic scheduling and routing in a solid waste management system, *Waste Management*, 26(8), s. 875-885. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.09.004>.

Kilby, P. og Shaw, P. (2006) Chapter 23 - Vehicle Routing, i Rossi, F., Beek, P. v. og Walsh, T. (red.) *Foundations of Artificial Intelligence*. s. 801 - 836.

Kristensen, O. (2018) *Gjennomsnitt*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/subjects/subject:29/topic:1:164958/resource:1:91810> (Hentet: 03.04.2019).

Kristensen, O. (2019) *Standardavvik*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/subjects/subject:29/topic:1:164958/resource:1:91885> (Hentet: 03.04.2019).

Malakahmad, A. *et al.* (2014) Solid Waste Collection Routes Optimization via GIS Techniques in Ipoh City, Malaysia, *Procedia Engineering*, 77, s. 20-27. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.07.023>.

Martinsen, E. (2018) *Ruteplanlegging kollektivtrafikk - # 2 av 2*. Upublisert paper presentert på SMF2012.

Ottesen, G. (2012a) *Bidragkalkyle*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/nb/node/106169?fag=102782> (Hentet: 03.04.2019).

Ottesen, G. (2012b) *Valg av kalkyleform ved innfåelse av transportoppdrag*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/nb/node/105456?fag=102782> (Hentet: 03.04.2019).

Pillac, V. *et al.* (2013) A review of dynamic vehicle routing problems, *European Journal of Operational Research*, 225(1), s. 1 - 11. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.08.015>.

Pratap, A. (2018) *Research design ant its types: Exploratory, descriptive and casual*. Tilgjengelig fra: <https://notesmatic.com/2018/07/research-design-and-its-types-exploratory-descriptive-and-causal/> (Hentet: 15.03.2019).

Proff.no (2019) *Horisont Renovasjon AS*. Tilgjengelig fra: <https://www.proff.no/selskap/horisont-renovasjon-as/hunndalen/renovasjon/IF7DX0401DV/> (Hentet: 23.04.2019).

Rammen, K. (2018) *Nullpunktsomsetning*. Tilgjengelig fra: <https://finanssans.no/finne-nullpunktomsetning> (Hentet: 03.04.2019).

Retursamarbeidet Loop (2010) *Ayfalletts historie; produksjon og håndtering av avfall gjennom tidene*. Tilgjengelig fra: <https://www.odda.kommune.no/Handlers/fh.ashx?FilId=1742> (Hentet: 11.02. 2019).

S. Sepp (2018) *Eulervei*. Finnes ved Illustrasjon av Euler-krets. Tilgjengelig fra: <https://no.wikipedia.org/wiki/Eulervei> (Hentet: 12.04.2019).

Sahoo, S. *et al.* (2005) Route Optimization for Waste Management, *Interfaces*, 35(1), s. 24-36. doi: 10.1287/inte.1040.0109.

Traffilog (2019) *Intelligent flåtestyring med Sirius*. Tilgjengelig fra: <http://traffilog.no/om-sirius/> (Hentet: 23.04.2019).

Utdanningsdirektoratet (2019) *Gjenvinningsoperatør*. Tilgjengelig fra: https://utdanning.no/yrker/beskrivelse/gjenvinningsoperatør?fbclid=IwAR1ZHYIQhQY8rNajq_mY8P42jNsafLguDYCCGYyFWcvVEHJ1OAsyGDIMFs (Hentet: 25.04 2019).

Veenstra, M. *et al.* (2017) The pickup and delivery traveling salesman problem with handling costs, *European Journal of Operational Research*, 257(1), s. 118-132. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.07.009>.

Østre Toten Kommune (2019) *Priser/gebyrer - vann, avløp og renovasjon*. Tilgjengelig fra: <https://www.ostre-toten.kommune.no/tjenester/priser-og-gebyrer-2019/priser-gebyrer-vann-avlop-og-renovasjon/?fbclid=IwAR2p7ucbQVfAVagFV0OzOhyrvw7irbS9PM7hiqDK6G2stxBFzUCTVEvAFkI> (Hentet: 23.04.2019).

VEDLEGG

Vedlegg 1: Utregning av gjennomsnitt og standardavvik på kilometer og drivstofforbruk

Kjøretøy	Dato	Km kjørt	Drivstofforbruk	Forbruk pr. 100km	Drivstoffkostnad	Drivstoff i kr pr. km
Scania	10.jan	89,13	66	74,43	783,47	8,79
Scania	24.jan	85,55	60	70,53	712,6	8,33
Scania	07.feb	87,36	65	74,41	767,7	8,79
Scania	21.feb	90,18	67	74,3	791,31	8,77
Volvo	07.mar	84,78	34,1	40,22	341,43	4,03
Scania	21.mar	85,67	70	81,71	827	9,65
	Min	84,78	60	70,53	712,6	8,33
	Max	90,18	70	81,71	827	9,65
	Std.avvik	2,168127456	3,646916506	4,066298071	41,76955147	0,481597509
	Gjennomsnitt	87,1	65,60	75,08	776,42	8,87
	Varians	4,700776667	13,3	16,53478	1744,69543	0,231936161
	Median	86,515	66	74,41	783,47	8,79

Teknisk informasjon om biogass egenskaper mottatt på mail fra driftssjef.

En bil tar ca. 200 Nm³ gass ved fylling i temperatur mellom – 5 til + 20.

Ved temperatur under – 5 til – 10 så tar vi litt mindre, ca. 160-170 Nm³.

Vedlegg 2: Observasjonsskjema

1. Antall rygginger	<u>Klokkeslett per rygging:</u>
2. Ikke lagt til rette for henting, ref. Avfallsforskriften 10m, ikke måket.	<u>Strek per ulempe:</u>
3. Antall fellesbeholdere:	<u>Strek per fellesbeholder:</u>
4. Tid ved start/slutt:	<u>Start:</u> <u>Slutt:</u>
5. Kilometer ved start/slutt:	<u>Start:</u> <u>Slutt:</u>
6. Drivstofforbruk på turen:	
7. Spørsmål til sjåfør:	
- Hvorfor Rv.4 evt. Rv. 33?	
- Sjåførens tanker rundt ruten?	
- Kritiske punkter i hans øyne i ruten?	
- Hvor mange kg rommer tanken?	
8. Farlige stopp i vei:	<u>Strek per stopp:</u>
9. Antall ganger han ikke henter:	<u>Strek per ikke hentet:</u>
10. NOTATER	

Vedlegg 3: Økonomiske beregninger fra artikkel Grønland (2018) fra TØI

Distansekostnader: Kostnad per kilometer (Variable kostnader):

Grønland, 2018:	
Vedlikehold:	$3\,680\text{ kr} * 0,17 = 626\text{ kr}$
Drivstoff:	$3\,680\text{ kr} * 0,63 = 2\,318\text{ kr}$
Dekkslitasje og vask:	$3\,680\text{ kr} * 0,2 = 736\text{ kr}$
Distansekostnad inkl. alle overnevnte variabler:	$24\,744\text{ km} * 5,76\text{ kr/km} = 142\,525\text{ kr}$
Våre beregninger:	
Drivstoff:	$87,1\text{ km} * 8,5\text{ kr/km} = 740\text{ kr}$
Drivstoffkostnad fra vår kilometersats og artikkelens drivstoffsats:	$19,5\text{ kr/km} * 0,62 = 12,3\text{ kr/km}$
Distansekostnader kun drivstoff:	$24\,744\text{ km} * 8,5\text{ kr/km} = 210\,324\text{ kr}$
Budsjetterte drift- og vedlikeholdskostnader:	$24\,744\text{ km} * 11\text{ kr/km} = 275\,000\text{ kr}$
Samlede distansekostnader:	$210\,324\text{ kr} + 272\,184\text{ kr} = 482\,508\text{ kr}$

Tidskostnader: Lønn- og sosiale kostnader inkl. avskrivninger (Faste kostnader):

Grønland, 2018:	
Tidskostnad per dag:	$460\text{ kr/t} * 8\text{ t} = 3\,680\text{ kr/dag}$
Våre beregninger:	
Tidskostnad per dag:	$\frac{(590\,000\text{ kr/år} + 385\,000\text{ kr/år})}{47\text{ uker} * 5\text{ dager}} = 4\,148\text{ kr/dag}$

Feilmargin beregning:

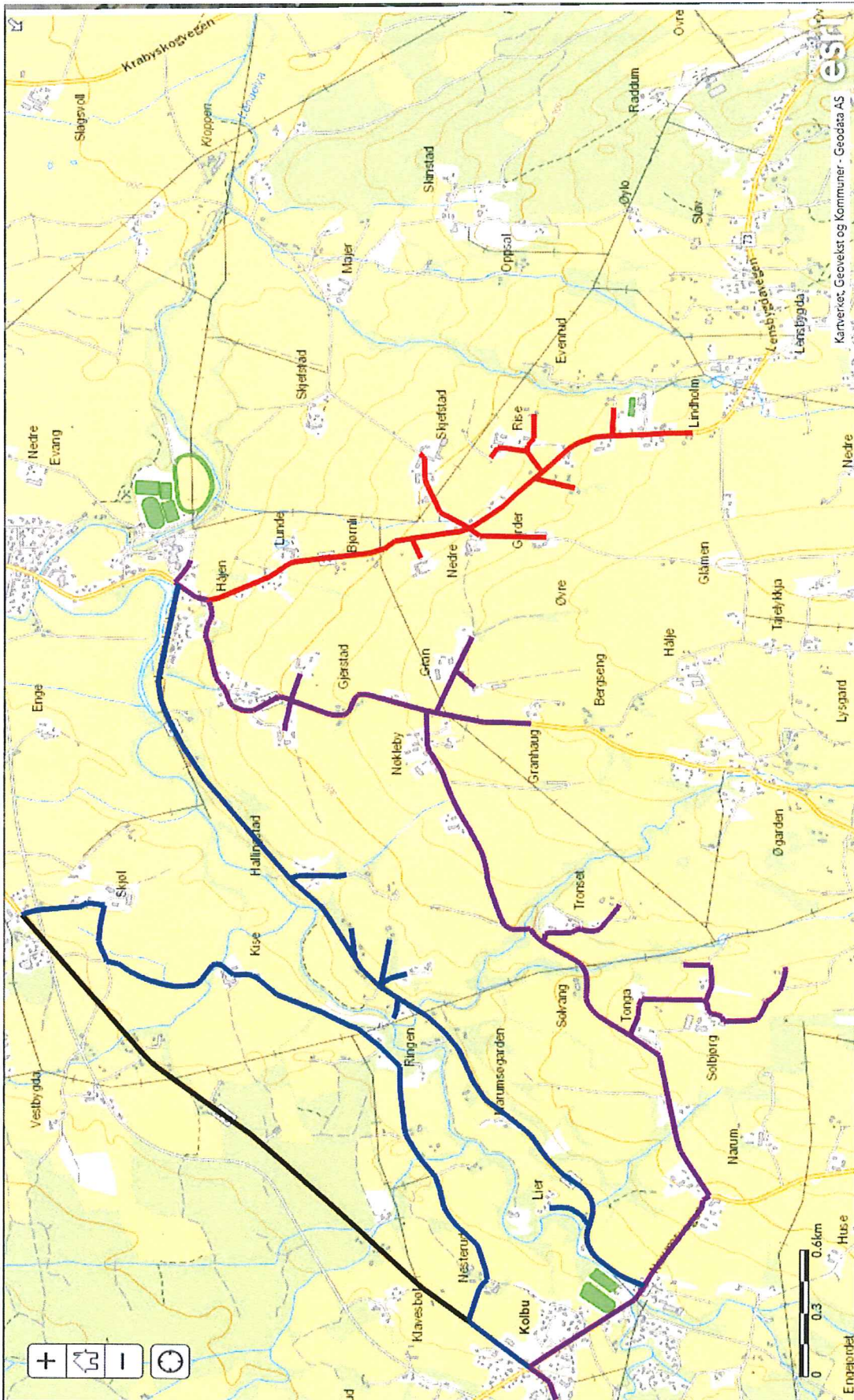
Samlede distansekostnader:	482 508 kr
Budsjetterte drift- og vedlikeholdskostnader:	-275 000 kr
Feilmargin =	207 508 kr

Vedlegg 4: Beregning besparelse ved de ulike alternativene

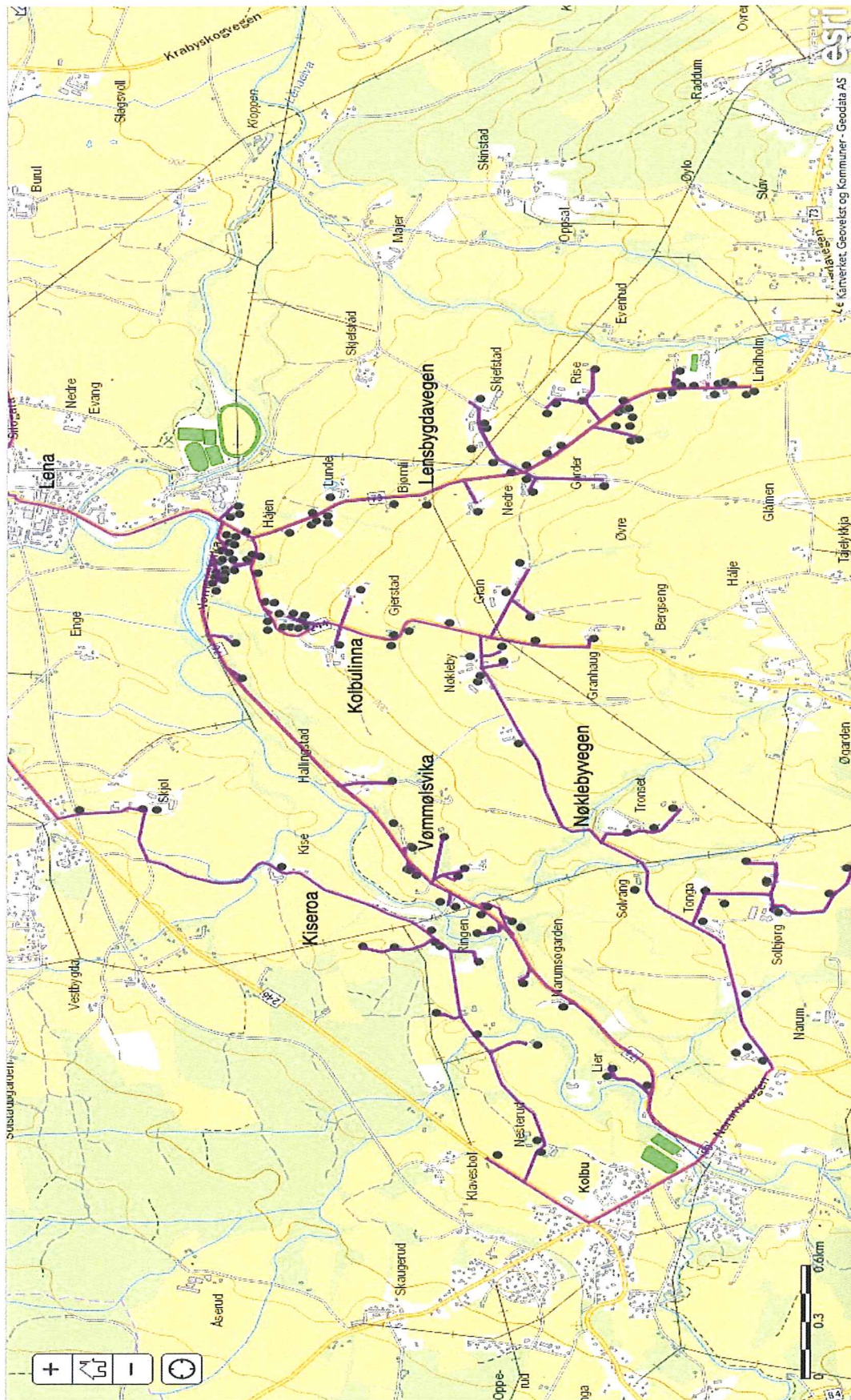
Sparte kostnader på de ulike alternativene:

ArcGIS rute:	$\frac{2,9 \text{ sparte kilometer fra dagens rute}}{87,1 \text{ km dagens rute}} * 100 = 3,3\%$
Besparelse per dag:	$5\,846 \text{ kr} - 5\,790 \text{ kr} = 56 \text{ kr/dag}$
Årlig besparelse på rute 0504:	$56 \text{ kr/dag} * 26 \text{ dager ruten kjøres} = 1\,456 \text{ kr}$
Årlig besparelse kvantifisert på alle rutene:	$1\,456 \text{ kr/år per rute} * 112 \text{ ruter} = 163\,072 \text{ kr/år}$
Alternativ rute:	$\frac{13,6 \text{ sparte kilometer fra dagens rute}}{87,1 \text{ km dagens rute}} * 100 = 15,6\%$
Besparelse per dag:	$5\,846 \text{ kr} - 5\,581 \text{ kr} = 265 \text{ kr/dag}$
Årlig besparelse på rute 0504:	$265 \text{ kr/dag} * 26 \text{ dager ruten kjøres} = 6\,890 \text{ kr/år}$
Årlig besparelse kvantifisert på alle rutene:	$6\,890 \text{ kr/år per rute} * 112 \text{ ruter} = 771\,680 \text{ kr/år}$

Vedlegg 5: Kart av dagens rute



Vedlegg 6: Kart av ArcGIS rute



Vedlegg 7: Kart av Alternativ rute

